



三菱電機

第 18 卷

昭和 17 年 11 月

第 11 號

内 容 目 次

大型水車発電機と傘型発電機.....	楠 潤	353
放電管に依る誘導電動機の速度調整.....	川上、近藤	365
遅延補助電動機の制御装置.....	竹 内	373
多量生産用 MD-R 3 型堅 軸 盤.....	鈴 木	377

三菱電機株式会社

三菱電機

第十八卷

昭和十七年十一月

第十一號

大型水車發電機と傘型發電機

神戸製作所 楠 瀬 康 雄

内 容 梗 概

大容量水車發電機で最近製作されたもの、構造上の新傾向を簡単に説明し、特に本邦で最初に製作されたアンブレラ型（傘型）機構造並に機械設計上の數値を紹介した。

緒 言

水力發電用大容量水車直結發電機として、現今製作されつゝある交流機は、或特殊なるもの極めて小型なるものを除き、殆んど大部分が堅軸型である。製造會社に依り多少其構造を異にする點があるが、大体に於てその根本設計が一つの傾向をたどつて居るものである。此代表的構造を總括的に説明し、併せて最近當社に於て製作完

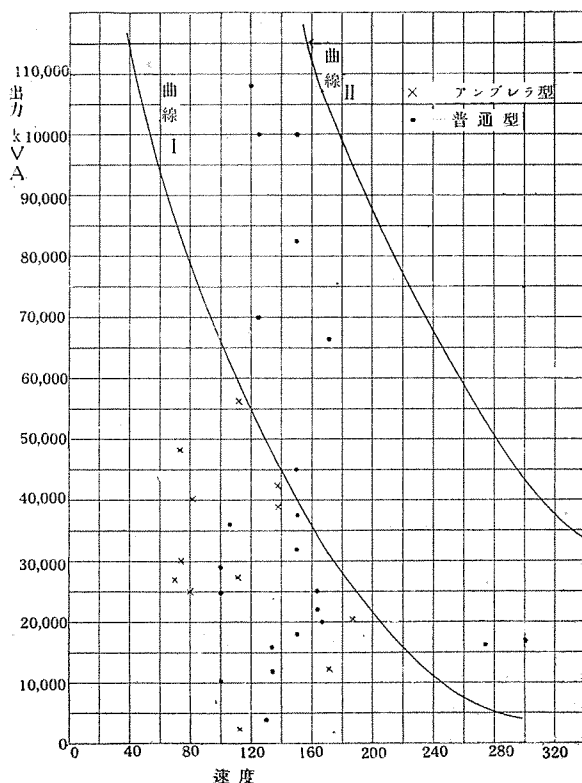
了せるもの又は目下製作中のものの中の主なるものにつき設計上の數値を公表して参考以供する。

大 容 量 機

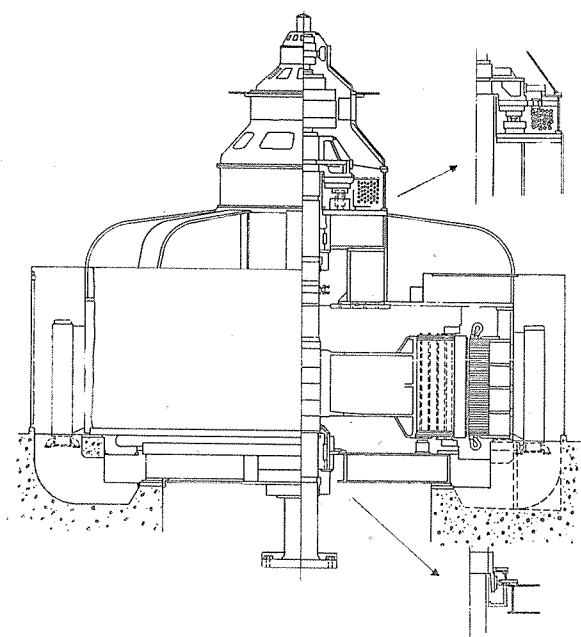
水車發電機の大容量と目すべき容量に關しては、元來確然と定むべき何等の根據もなく頗る漠然としたものであるが、然し現在完成されて居る機械につき構造其他の事情より極めて大略の區別を付けければ現在の處速度の高き方で3萬 \pm 0 低き方で1萬 \pm 0 程度と考へて大過ないと考へらる。更に又之等は其定格速度より見て、之又判然とではないが高速機と低速機とに區分して考へらるるものである。第1圖曲線IとIIの中間に位するものは所謂高速機でIより速度の低きものは之を低速機と考へて、構造上の問題を取扱つて大なる誤はないと思ふ。

Iの曲線を今一層的確に云へば大体發電機、磁極頭乃ち回轉子外徑に於ける周速が40米毎秒、又曲線IIに於ては周速65米毎秒程度と見らるべきものである。勿論發電機の短絡比、蓄勢輪効果、保證過速度等の種々なる條件に依り相當の變化あるは當然である。曲線IIより更に速度の高いものは之を特殊機として考へべきもので特殊設計と特殊材料を要し又特別の運轉方式等も考へねばならぬもので、之等は本項の説明外に置くこととする。元來高速機と低速機は大容量の場合、其根本構造には大差なく、只低速機は外徑大となり固定子、回轉子共に非常に扁平となり且固定子鐵心並に回轉子輻鐵輪が、巾狭き構造上の差があるのみである。然し、最近特に米國に於て非常に多く採用されつゝあるアンブレラ型（傘型）は特にこの低速機用の構造として登場したもので、之に關しては次項に於て少しく附帶的に説明し度いと思ふ。

第2圖は大容量機の代表的構造と見らる可きもので、



第 1 圖



第 2 圖

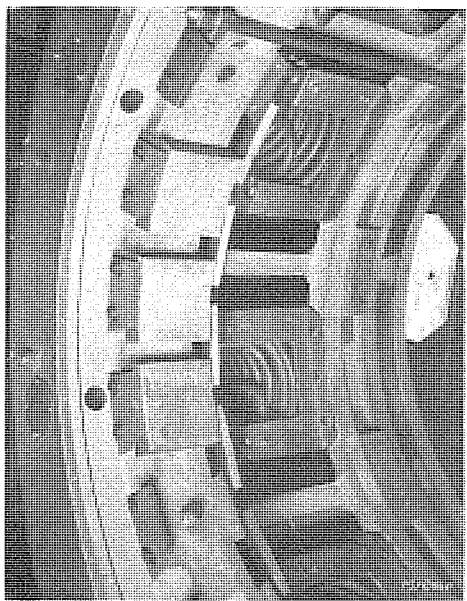
その概要を列記すれば大体下記の通りである。

(イ) 冷却装置

この種の型では現今殆んど全てが閉鎖された冷却氣回路の通風方式で、水に依る区分空氣冷却器を數個装備し實際の全負荷運轉の場合は其全部を用ひることなく、例へば 6 箇の中 1 箇、8 箇の中 1 箇は任意休止せしめて、保守、手入れ又は修理を、發電機を休止することなく行ひ得る如き設計が普通である。

(ロ) 上部軸受支持枠構造

回轉部分の重量及不平衡水壓荷重等を全部支持する上部軸受支持枠は全て鋼材熔接で、放射狀に裝備せられる多數の支持腕、これ等を中心部に於て固着せしめる中心



第 3 圖 (A)

轂及び轂部の下方にあつて、腕より生ずる張力を引止める張力板よりなつた純然たる組立式構造である。

(ハ) 下部軸受支持枠構造

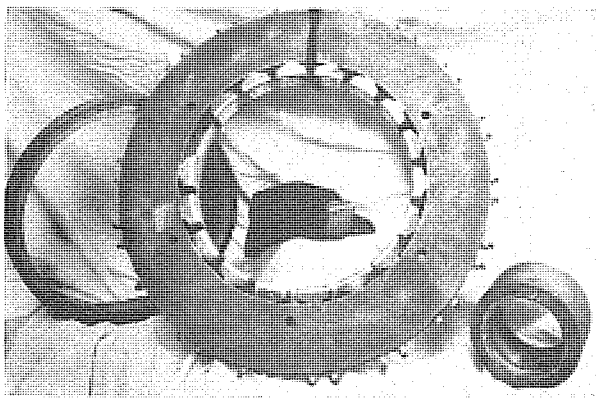
殆んど全て型钢或は鋼材を用ひた、橋梁式構造に側部支持腕をボルト締を以て取着けた構造が採用されて居る。荷重の割合に少い爲と据附、調整の簡易なこと構造簡單で製作費少く且つ頑丈なこと、輸送の便等よりかかる構造が一般に採用されて居るのである。

(ニ) 回轉子輻鐵

輸送の關係上、特殊の製作所以外は殆んど全て成層副鐵輪型を採用し、成層扇形片は特別高過速度を保證する場合、乃ち扇形片相互の摩擦力をも強度に算入する場合は、 $8\% \sim 1.6\%$ の薄鋼板を使用するが、然し製作組立費を低下せしめる點よりして、普通の場合は $3.2\% \sim 7\%$ 程度の厚さで傾向としては次第に厚いものを使用する状態である。而して輻鐵輪は特殊材料の要求を避ける爲從來の如く相當の過速度迄輻鐵輪が絶体に緩まぬ如き程度に、強く適合せしめる方式を採らず輻鐵輪に或る程度の緩みを許し、その爲に生ずる輪の移動乃至融通は、輪の内徑周辺に均等に配列せられた楔の側部によつて支持せしめて防ぐ様にした所謂「浮游型」を用ひるのが普通である。輻鐵は鑄鋼又は鋼材熔接組立式兩様が一般に用ひらる。

(ホ) 軸受

先づ推力軸受はキングスベリー式のピボット支持自働調整型が多く、撥條型は前者に比し稍少い様である。振止軸受は近時の傾向として圓筒型受金は次第にその長さを縮め、直徑の $60 \sim 40\%$ 程度になつて來て居る。又大型のものに對しては、重量大となり取扱面倒なことに、軸受部分が 3 箇所に別れ、配管、給油、收油等が非常に面倒となること等より第 2 圖の附圖の如く、多數の区分受金よりなる推力軸受 キングスベリー 型と同様、ピボット支持の自働調整型の振止軸受を用ひる傾向が多くなつて來て居る。乃ち同附圖に示される如く、上部は推力軸受の回轉板の側部に区分受金を裝備して軸受を構成する關係上、軸受部分は 2 箇所となり、且上部、下部の軸上給油（兩者共油槽中に浸さる）並に冷却が著しく良好とせられ、



第 3 圖 (B)

有効で且断油の場合も、油槽中に軸受のある関係上殆んど危険がないと云ふ利点がある。第3圖は振止軸受の區分受金の一例である。

(ハ) 制動捲線通風羽根制動機

後段 20000 キロ 発電機の項に於て述べる如き理由に依り、殆んど全てが制動捲線を磁極頭に装備されて居る。通風羽根に對しては、從來の如き輪型のものより單獨の羽根を各極又は數極毎に装備し、尙その羽根の形に對して通風の平滑な流入、渦流及騒音防止の種々なる研究を加へたものが用ひられて居る。

制動機は一般に油洩防止の見地より壓縮空氣により作動されるもの多く、壓縮空氣管の一部及制動機圓筒は高壓に耐へる如くし、組立、分解の場合に、油壓押上装置を兼ねしめて居る。制動輪は一種の消耗品であるとの見地より、回轉子輻鐵に装備した輪板の溝中に扇形片を連續的に配置したものが一般に用ひられ、機械を分解することなく制動輪の取替を行ひ得るものである。

(ト) 台 床

固定子枠は一般に殆んど鋼材熔接型で、熱の傳導好く鑄鐵等の場合に比し溫度上昇が相當大である爲に枠自体の熱による直徑方向の膨脹が相當大であつて、從而これを充分考慮に入れねばならない。從來の台床と枠の間に入れる位置固定用の止め棒の如きは、この膨脹による剪斷力には到底耐へ得ぬ場合が多い。當社に於ては、枠と台床間に放射狀に枠の周辺均等に止め棒を配置し、直徑方向の膨脹を自由に方式を用ひて居る。台床は一般に扇形或は長方形の片を枠の下面、圓周均等に或は對稱的に數個配列して之を基礎ボルトにて固着設置するものが大部分である。

(チ) 固定子鐵心

一般に次第に變壓器鐵心の如く、高硅素鋼が用ひられ鐵損の低下を計る傾向になつて居る。又大容量機では先づその安定度が極めて重大視され、從而過渡及次過渡リアクタンスの飽和値を出来るだけ小さくする事が希望されて居る。乃ち過渡時に於ける電壓の變化は、所謂定格電壓に對する値ではなく、それよりは遙かに高い内部電壓に對してのリアクタンス値に依るもので、之等は皆飽和度の高い時の値を採らなければならないものである。定格電壓に於ける過渡リアクタンスの飽和係數は .9 程度であるが、全負荷内部電壓に對する實効飽和係數は .65 程度位のものが一般的で、リアクタンスを低くし且飽和係數を小さくして安定を計る爲には、各部の飽和を相當高く取ることが必要となり、鐵心其他の設計に對し著しくこの傾向が表はれて來て居る。一例を挙げれば、鐵心齒部の飽和を高むる爲に齒部中央に溝を置きて之を行ひ、又空隙を増加して充分高い磁束密度で働く様にする等の事が行はれて居る。

(リ) 捲 線

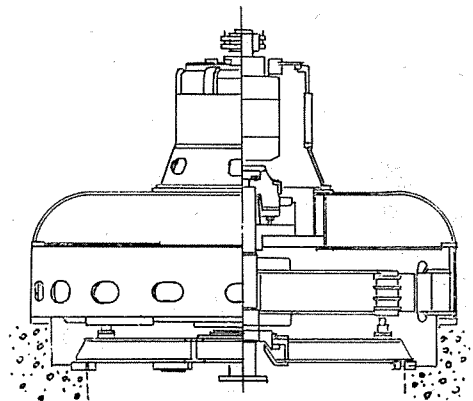
定格電壓は 13800~16000V が普通で、必ず コナ 防止外被を固定子捲線外部（溝中に在る部分）に施す。絶

緣塗料に依る誘電體損の低下、トランスポジション 法又はツイスト 法に依り線輪内部の負荷損低下等は、勿論必ず行はれて居る。界磁捲線に對しては平打捲の外側乃ち冷却機に直接觸れる部分を殆んど裸とするか、又は熱傳導より絶緣塗料を極めて薄く施し、或は數卷毎に平打捲の側部を凸出せしめて冷却面を増加する等の方法が先づ普通に施されて居る。

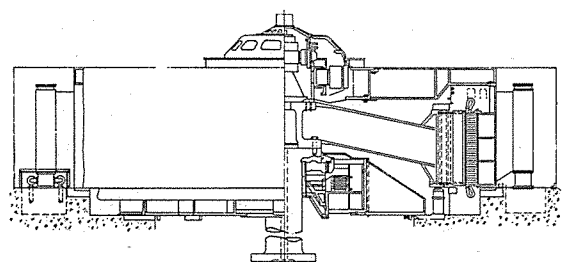
(ヌ) 機械特性に関する點

先づ大容量機に對しては安定度が第一の重點とされる關係上、正相 インピーダンス を小にし、且つ飽和度を高くする。乃ち短絡比を大にすること及回轉部分の蓄積勢力を大にする等のため、機械形狀は著しく大となつて居る又制動捲線を施し、その抵抗を適當の値として、故障時の逆相電流の減少と同期化力の増加とを適當に加味し、或は又速應勵磁を採用する等のことは一般的に行はれて居る。尙近時、新しい傾向として水車調速機のフライボールを同期電動機で驅動し、その電源を主軸より驅動される小型發電機に依り、乃ち主軸と全く同期的に調速機を作動せしめる方法が採用され、之又多少は安定に寄與して居るものである。送電線の充電を行ふ爲、發電機の充電容量を増加する事も亦考慮せられ、この充電容量の増加は界磁を強くすることとなり、結局又機械寸法を相當大きく採る傾向となつて居る。

大容量以外の機械に關しても、軸受構造に於て第2圖附圖の如き區分受金を使用し、軸受部分を2箇所としたものもあるが、この場合は、大容量機程の利點は認められない。併し軸受給油系統の簡易化と云ふ點より一顧の價値は充分あると思ふ。第4圖はこの種の構造である。



第 4 圖

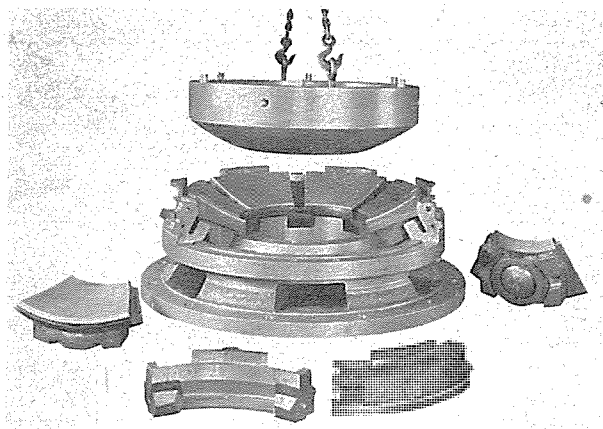


第 5 圖

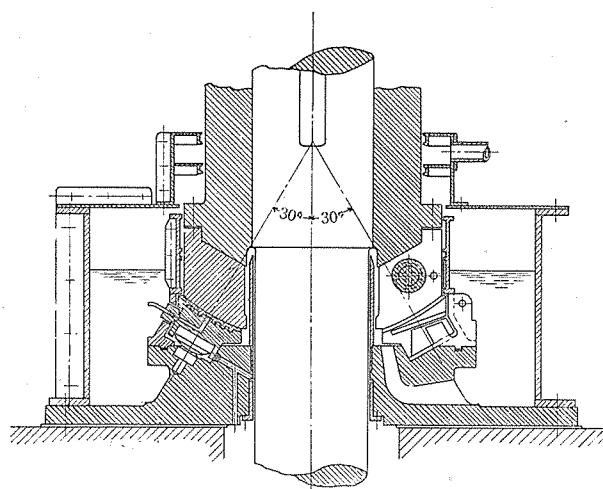
アンブレラ型(傘型)

傘型構造は、元來新しき試みではなく、相當古き時代にすでに此種の型は製作されたものであるが、其後、鋼材熔接と種々なる改良が加味されて、近時新しく多数のこの種の構造が製作され、満足なる結果を得て、現今では低速度機の本格的構造と考へらるるまでに至つたものである。第5圖は傘型構造の一例であつて、第2圖の構造に比して軸長短く、從而機械の高さ低く且つ上部軸受支持枠に相當する部分が著しく簡單であること、又軸受部分が第2圖附圖の區分受金を用ひた場合の上部軸受部分をその儘下部軸受部分とし、上部軸受部を省略した構造で、軸受部は單一で然も1箇の油槽中に納められた頗る簡單なものとなつて居るのである。傘型の特徴に關しては種々細部に亘つて列擧さる可きであるが、此所にはその主なる點乃ち機械寸法の縮少、特に軸材の少きこと及其他の部分に於ける構造材料の少いこと、構造簡單で据着、組立、保守の容易なる點を指摘して時局下に於ける資材節約の見地より本構造の一考すべきことを強調するものである。

本構造に於て最も注目される軸受部分に關しては尙一



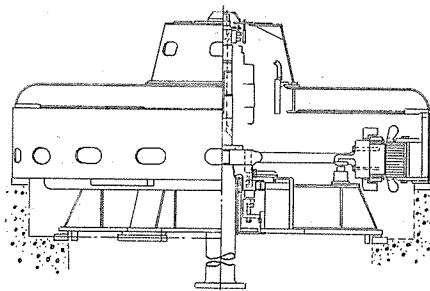
第 6 圖 (A)



第 6 圖 (B)

層の進歩を見る可きもので、推力軸受と振止軸受部分とを一体化し、尙一層簡單なる單一の軸受とする計畫をもすでに實驗的に行つて居る。第6圖は乃ちこの目的の爲に製作された球面推力軸受である。

尙低速度小容量の機械に對しても、上述の構造とは多少異なるから、大体に於て同様な構造を採用する傾向がある。この場合、軸受部分は小型の爲全然直接の監視を行はぬものである。第7圖はこの型の構造を示すものである。



第 7 圖

20,000 KVA 傘型發電機

當社に於て、本邦最初に製作した傘型發電機であつて第1圖曲線より見られる通り、低速度機乃ち傘型を採用する點より云へば可なり極限に近きもので、從而構造上多少切詰められたる點があるが、運轉成績は極めて良好である。第8圖はその据着外觀で第9圖は大体の構造を示すものである。以下本機の要點のみを摘出して簡單に説明することとする。

(イ) 定格、特性、機械常數

本機の定格特性並に機械常數は大體下記の通りである

出力 20,000 kVA 力率 90% 電壓 11000 V

周波數 50~ 速度 187.5 rpm 極數 32

型—堅軸傘型

通風方式 — 開路式閉鎖通風型

絶 縁 — 固定子捲線 (マイカルタ フオリウム) B 種

回轉子捲線 (マイカ アスベスト) B 種

保證溫度上昇 固定子捲線 80°C (埋設溫度計法)

回轉子捲線 80°C (抵抗法)

保證過速度耐力 336 rpm に於て一分間

保證短絡比 1.1 以上

保證回轉子蓄勢輪効果 840,000 kgm²(GD²)

過渡 リアクタンス 豫定値 36% (飽和値)

線路充電容量豫定値 15,000 kVA (9500 V に於て)

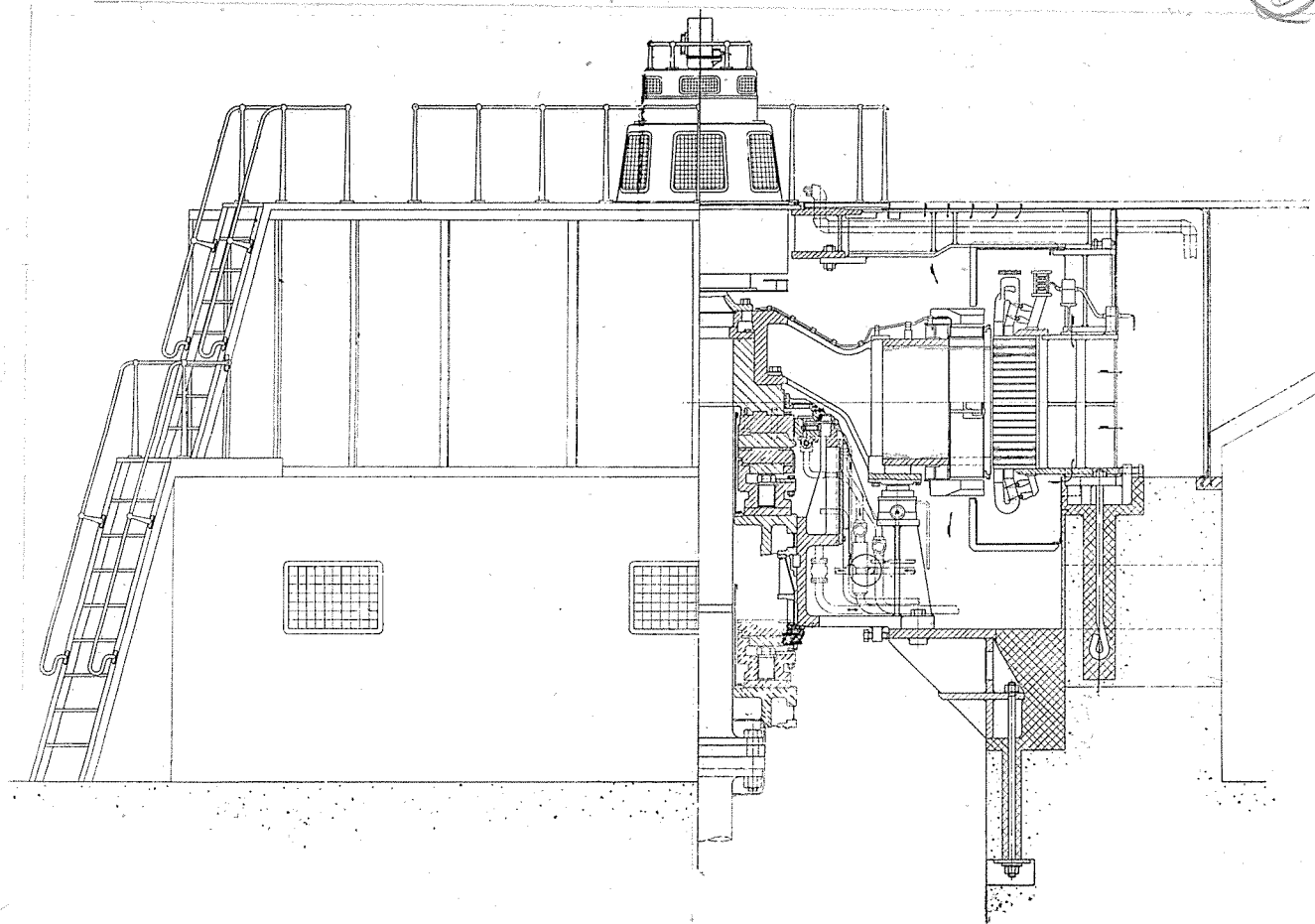
保證能率 第10圖曲線

以上が定格並に設計要目である。又特性は第11圖の通りで、機械常數の豫定値は次表の通りである。

リアクタンス (單位法)						
X _d	X _q	X _{d'}	X _{d''}	X _{q''}	X ₂	X ₀
.95	.61	.36	.24	.245	.242	.121

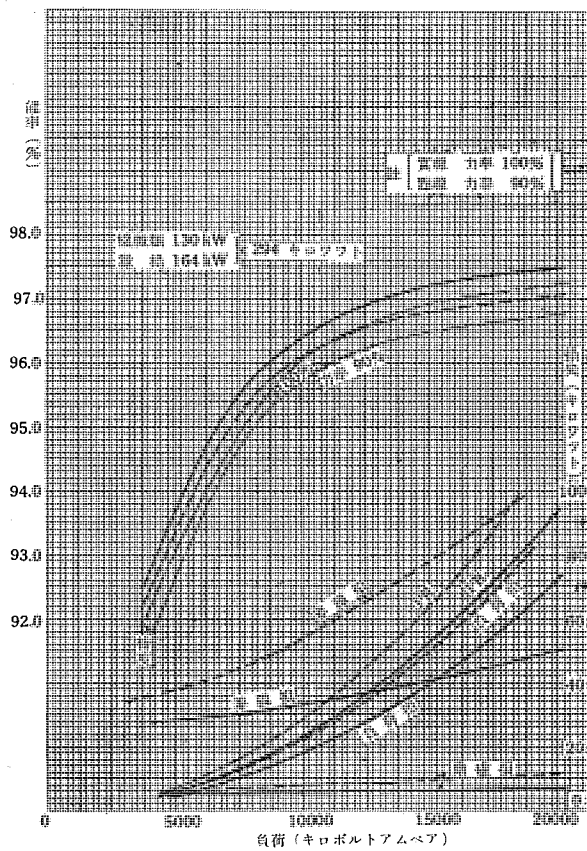


第 8 圖

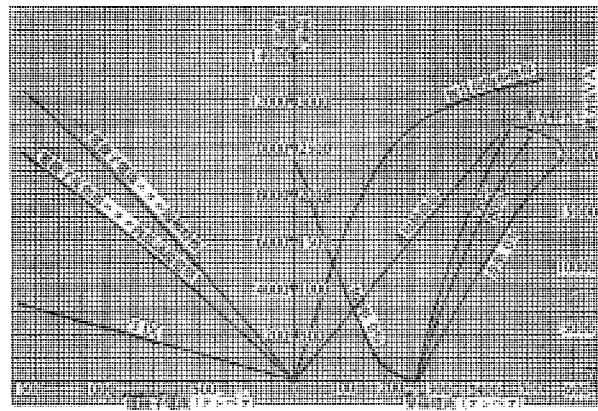


第 9 圖

7/2



第 10 圖



第 11 圖

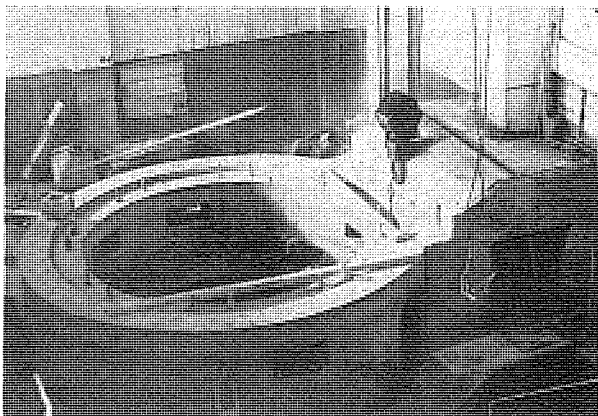
時常数 (秒)				抵抗 (単位法)				単位慣性常数 (秒)
T_{d0}	$T_{d'}$	$T_{d''}$	T_s	固定子 r_a	界磁 r_f	制動捲線 r_b	M (呎封度単位)	
8.8	3.8	.036	.168	.0046	.0086	.0730		4.46

(ロ) 構造形態大要

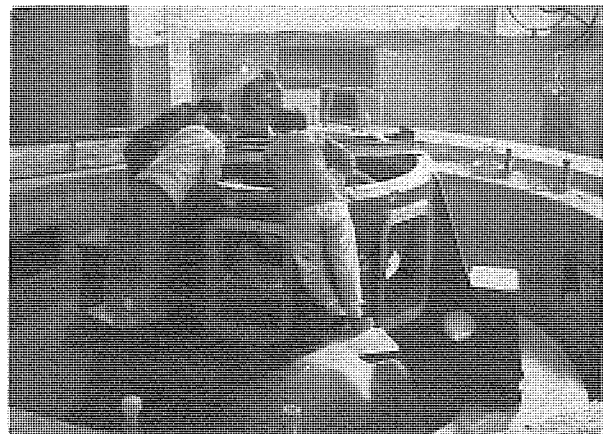
構造の大要は、第9圖に示す通りであるが、之を各部の寫眞につき略説する。(第12圖参照)

(1).....完成せる發電機基礎

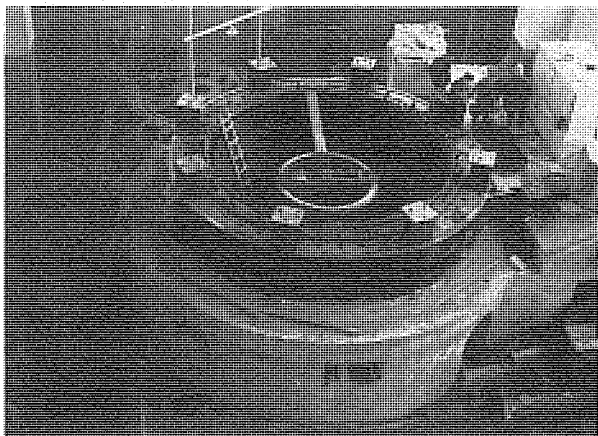
(2).....据附完了せる固定子枠



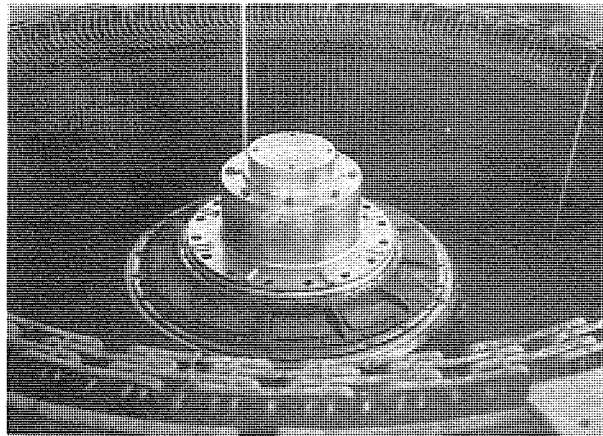
(1)



(3)



(2)



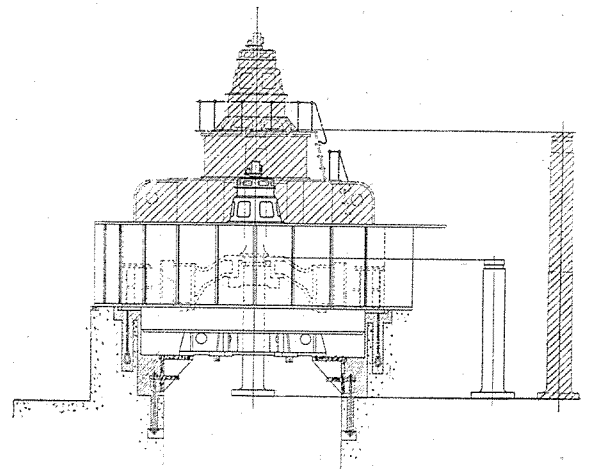
(4)

- (3)……据附中の軸受支持枠
- (4)……完了せる軸受部分
- (5)……組立完了せる回轉子輻鐵
- (6)……完成せる回轉子を軸受部部分に取附作業
- (7)……完全に取り付けられた回轉子
- (この状態に於て主發電機は運轉可能)
- (8)……上部勵磁機支持枠及勵磁機取附完了

次に第 13 圖は、傘型の場合と普通型の場合に於ける機械寸法、形態等の比較を本機を假に普通型とした場合に對して行つたものである。斜線を施せる部分は、普通型とした場合の機械部分の追加である。乃ち、軸長に於て約 3000 耗の延長となり、機械高に於ても略同様の寸法増加となる。又斜線を施した上部軸受支持枠部分の重量増加は、傘型の場合の回轉子輻鐵下部軸受支持枠の重量増加其他を差し引いて、本機の場合約 28 噸程度となり、軸其の他の部分の重量増加を合算すれば約 40 噸機械重量増加となるから、資材に於ける重量増加は、先づ 50 噸に近きものとなる。

(ハ) 鐵心、捲線

本機の鐵心は、八幡製鐵所 YT 級 .35 耗厚さの硅素鋼板より圓周 24 箇の扇形片を打抜き、組立たもので鐵心相互の絶縁は特種のソジウムシリケート皮膜に依り、水ガラス劑を塗布した扇形片を焼鈍すると同時に、熱化學的に生

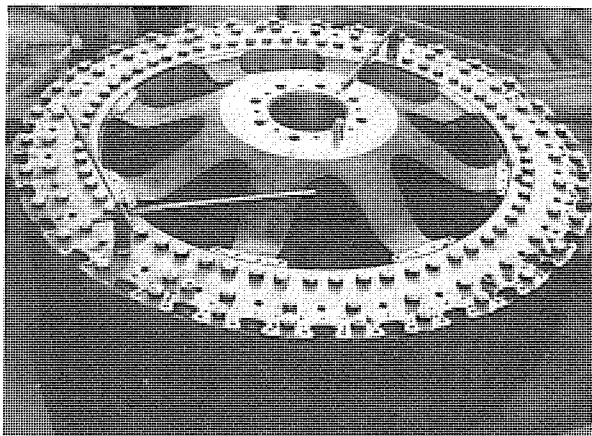


第 13 圖

ぜしめたものである。鐵心溝の寸法に關しては、前述の如く飽和度を考慮したものである、固定子捲線用線輪は素線を裸銅線及 マイカ 捲銅線の組合せとし、B 種絶縁を施し、端部に於てトランスポジションを行ひ、負荷損の低下を計つて居る。界磁線輪は マイカ 及び アスベスト 絶縁による同じく B 種絶縁である。

(ニ) 振止及推力軸受

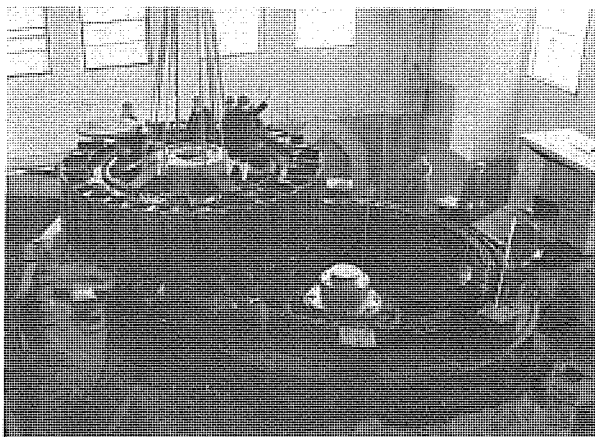
傘型の項に於て説明した如く、本機も亦兩軸受を一箇



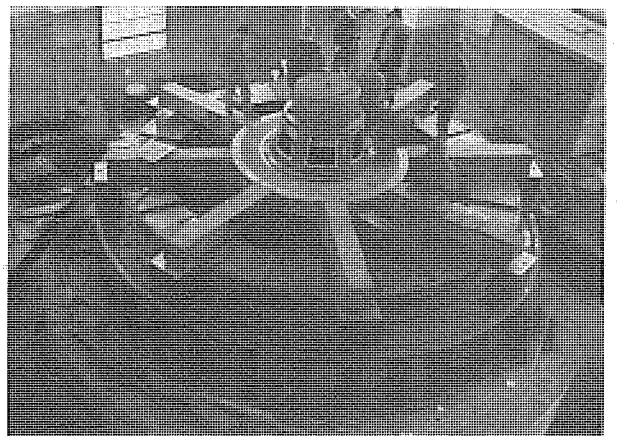
(5)



(7)



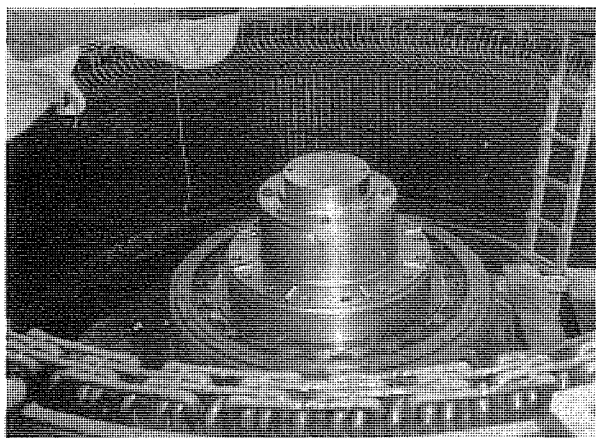
(6)



(8)



第 14 圖 (1)



第 14 圖 (2)

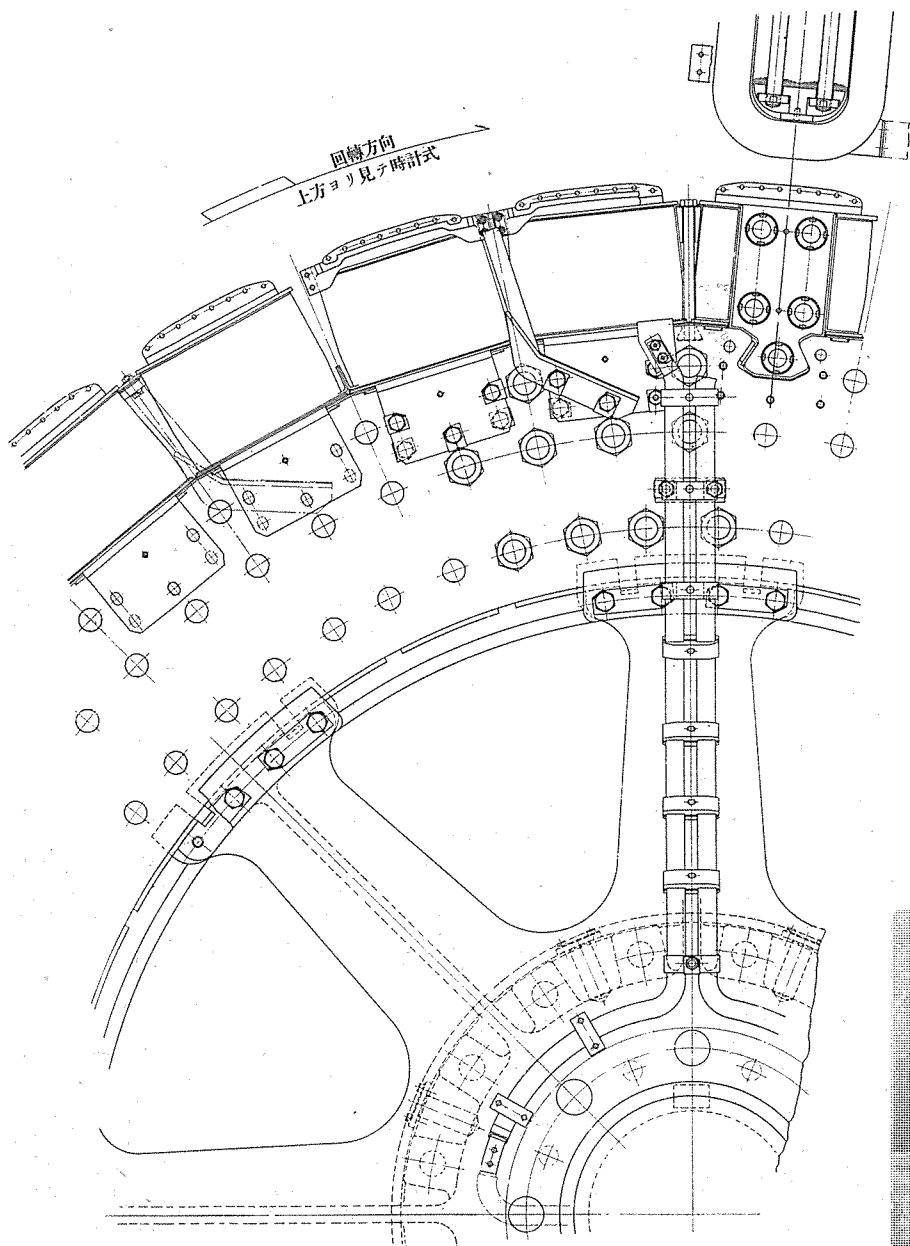
の油槽（第 12 圖 (3) の油槽を構成する枠）中に設置する。振止軸受の區分受金は 24 個より成り、各受金は一

箇のピボットにて支持されて自働的に給油調整が行はれるものである。推力軸受は キングスベリー 式で其荷重は發

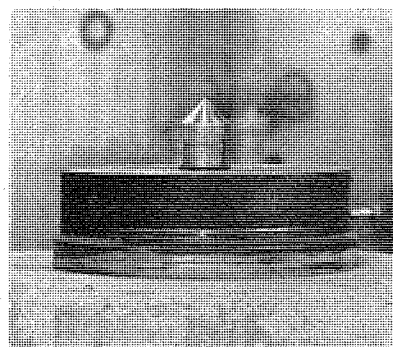
電機回轉部分 107 噸水車軸 ランナー 及不平衡水壓等 158 噸、計 265 噸で 6 個の扇形受金より成る。第 14 圖 (1) は振止軸受の豫備的調整を行はんとする所、(2) は完成した振止軸受、(3) は推力軸受の扇形受金である。本機に於ては油冷却器を機械外部に置いた關係上、毎分約 5 ガロン 程度の冷却油を一個の電動ポンプに依り循環せしめて居る。乃ち ポンプ の給油側と吸込側は油冷却器を通じて油槽に接続せられる故、油の過不足なく一定油面を保持するものである。尚油槽は大容量の外部油槽に接続し、この油槽に浮子附の油面繼電器を設置して居る。

(木) 回轉子輻鐵

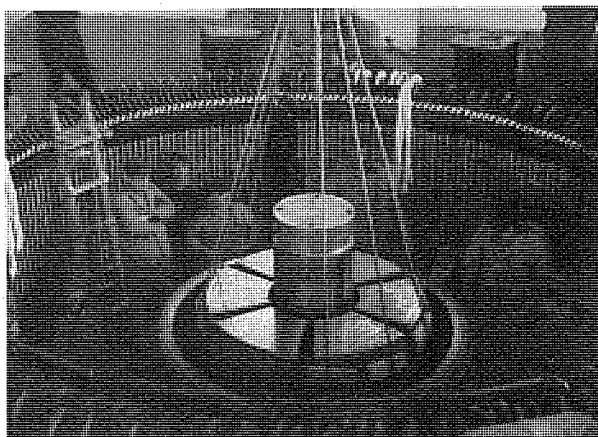
第 15 圖は回轉子を示すもので、輻鐵は鑄鋼、輻鐵輪は 1.6 耗厚さの軟鋼板成層型で成層用の扇形片は圓周 8 個で、各扇形



第 15 圖



第 17 圖 (1)



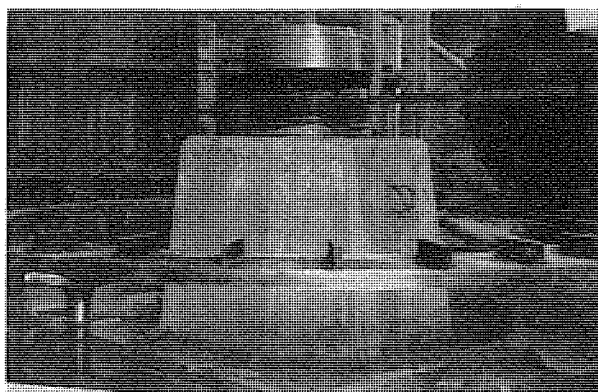
第 14 圖 (3)

片は4個の磁極取付用のダブル溝を有する。本輻鐵輪は成層板相互の摩擦力を確實ならしめる爲第16圖に示す如く扇形片一枚毎に清掃用槽中にて充分に錆、油及其他の異物を充分に拭き去つて組立たものである。輻鐵は所謂傘型で一個の鑄造体である。傘型の形狀よりみて復原力の大きなることは勿論であるが、尙一層各部の重量の均一を計り、廻轉中の平衡の完全を期する爲、第17圖に示す如くピボット上に回轉子の中心を支持せしめ、周圍を數個の天秤にて支持せしめてその指示により適當に重量の平衡を行つたものである。乃ち(1)はピボット、(2)は回轉子受台、(3)はピボット上に在る回轉子輻鐵の周圍に配置せる天秤である。傘型輻鐵に於て最も應力の大きい點は其腕である。本機の場合、その最大應力の斷面に就て考へると大体次の如くで、或る部分では過速度の場合却つて應力相殺の爲その値が小である。(但、斷面はI型である)

部 分	上 部 右	上 部 左	下 部 右	下 部 左
定格速度	-8.5	+1.5	+3.0	+11.2
95% 過 速 度	-5.5	+4.1	-2.9	+6.7

(ハ) 制 動 捲 線

前述の如く一般に大型水車發電機には制動捲線を裝備するもので、本機も亦之を裝備して居る。元來制動捲線



第 17 圖 (2)

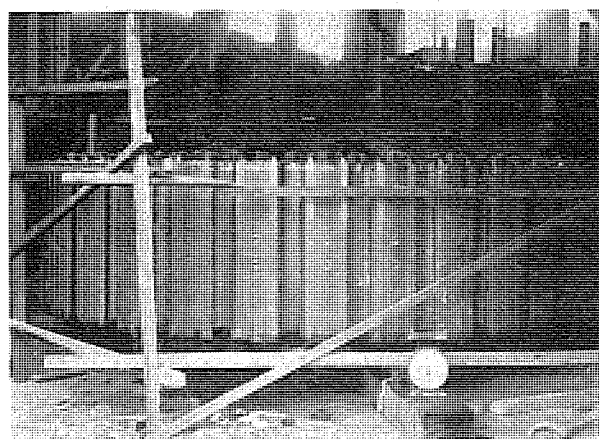


第 16 圖

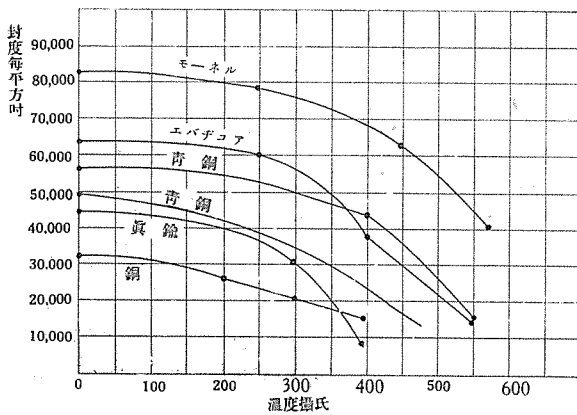
の目的は、低抵抗捲線により同期化力を増加せしめて、周波数の低い動搖を防止し、高抵抗捲線はその抵抗分の増加により、逆相インピーダンスを増加せしめて、單相短絡の過渡時に於ける短絡電流の高周波動搖を制限するものである。從而、制動捲線の抵抗はこの兩者を充分考へ合せて決定すべきものである。而して實際の設計に當つては、尙この上に捲線自体の機械的強度を考慮すべきである。乃ち制動捲線は、ある場合相當大電力をその中に消費することとなり、從而その温度は相當高く上昇するものであるが、かゝる高温で充分な機械的強度を保持せしめることが相當面倒な問題である。第18圖の曲線は主なる制動捲線材料の温度と強度を示すものであつて、想定しうる温度上昇 $400^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ 附近では殆んど常温の半分位の強度となる。次に又制動捲線の効果として考ふべきは、單相短絡過渡時に於ける開放相に誘起される異常電壓の防止並に、線路開放に當つて生ずる再起電壓及其周波数を低下せしめる點である。

本機の採用した捲線は、黃銅丸棒で第19圖に示す如きマッガン青銅鑄物製の極片を用ひ連續的に各極を接續したものである。極片は、磁極端板の下端にある切込みにより機械的に支持される構造であつて、その常數は下記の通りである。(單位法)

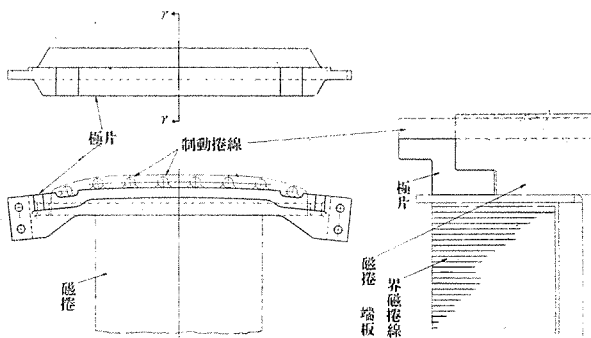
$$\text{直軸} - \text{制動捲線漏洩リアクタンス} = 0.054$$



第 17 圖 (3)



第 18 圖



第 19 圖

横軸 — 制動捲線漏洩リアクタンス = 0.056

制動捲線抵抗 = 0.073

尙機械的強度及工作上の見地より、制動捲線を連続的とせず、各極に於て獨立して機械的に強固なる設計を採用する場合があるが、この場合制動捲線としての効果に相當の開きを生ずることは免れぬものである。乃ち

(1) 連續的捲線の場合

最大磁束鎖交……異狀電壓上昇 1.34

最小磁束鎖交……異狀電壓上昇 1.17

(2) 不連續的捲線の場合

最大磁束鎖交……異狀電壓上昇 1.84

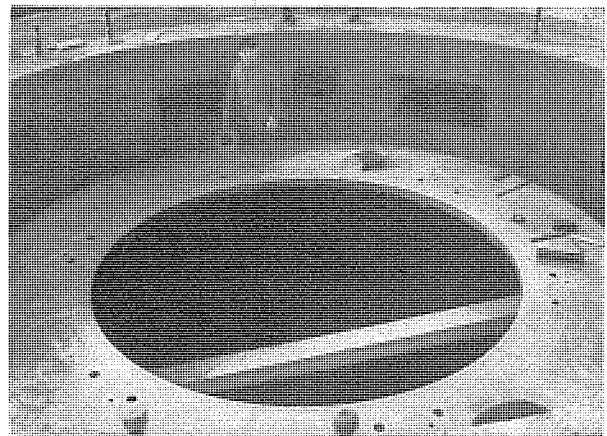
最小磁束鎖交……異狀電壓上昇 1.42

從て本機に於ては、或程度の強度並に工作上の不利を犠牲にして、連續的構造を採用して居る。

(ト) 通風羽根

通風羽根に關しては、先づ通風能率の良好從つて過流等の少い設計を採用して居り、第 16 圖に示す如き形態である。其特征とする所は

- (1) 從來の輪狀の通風羽根に比して、資材並製作費が著しく少い。
- (2) 取附、取外簡單で且組立た機械内部の點檢容易
- (3) 輪狀羽根の場合の側板がない關係上著しく通風能率よく、過流等が少い。
- (4) 混流型に設計され、且羽根各部の面を通風の圓滑なる流れを生ぜしめる如き形狀となしうる。



第 20 圖

- (5) 音響は多少多い場合があるが、材料及板の厚さ等の加減により低調音とする事が出来、騒音としては餘り問題にならぬ。

等の諸點である。

(チ) 台 床

本機の台床は、元來固定子用及び軸受枠用共に長方形の台床片を用ひる設計であつたが、途中より注文元の要求に依り軸受枠用のみは輪型の鋼材熔接型の頑丈な構造に変更し、發電機基礎鐵構の一部を構成する如きものと變更製作されたものである。主なる基礎荷重は大体下記の通りである。

- (1) 固定子台床片上の荷重 — 靜荷重 — 90 噸

- (2) 軸受枠基礎輪

活荷重	275 噸
靜荷重	95 噸

- (3) 固定子枠台床面に働く剪斷荷重 — 活荷重 210 噸

第 20 圖は組立中の軸受枠基礎を示す。

大型 カプラン 水車直結機

目下當社に於て製作中の大型 カプラン 水車直結機二種に對し、その定格、設計要目及機械常數の大略を紹介することゝす。

17,000 KVA カプラン 水車發電機

第 21 圖は其組立断面にて、上部より

- (1) 壓油導入装置及配油弁 (水車 ランナー 用)
- (2) 水車調速機振子驅動用同期電動機の電源用交流發電機
- (3) 副勵磁機
- (4) 主勵磁機
- (5) 推力軸受
- (6) 上部軸受支持枠及上部振止軸受
- (7) 主發電機固定子及回轉子
- (8) 下部軸受支持枠及下部振止軸受
- (9) 滑油 ポンプ 及油溜
- (10) 軸端 フランジ (ランナー サーボモトル に直結の爲大なる フランジ 徑とせるもの)

の配置順になつて居る。

定格、要目及機械常数は下記の通りである。

出力 17,000 kVA、力率 85%、電圧 11,000 V

周波数 50~、速度 125 rpm、極数 48

型 — 堅軸 カプラン型

通風方式 — 開路式閉鎖通風型

絶縁 — 固定子捲線（マイカルタ フオリウム）B 種

回轉子捲線（マイカーアスベストス）B 種

保證温度上昇 — 固定子捲線 — 75°C（埋没温度計法）

— 回轉子捲線 — 80°C（抵抗法）

保證過速度耐力 325 rpm に於て 1 分間

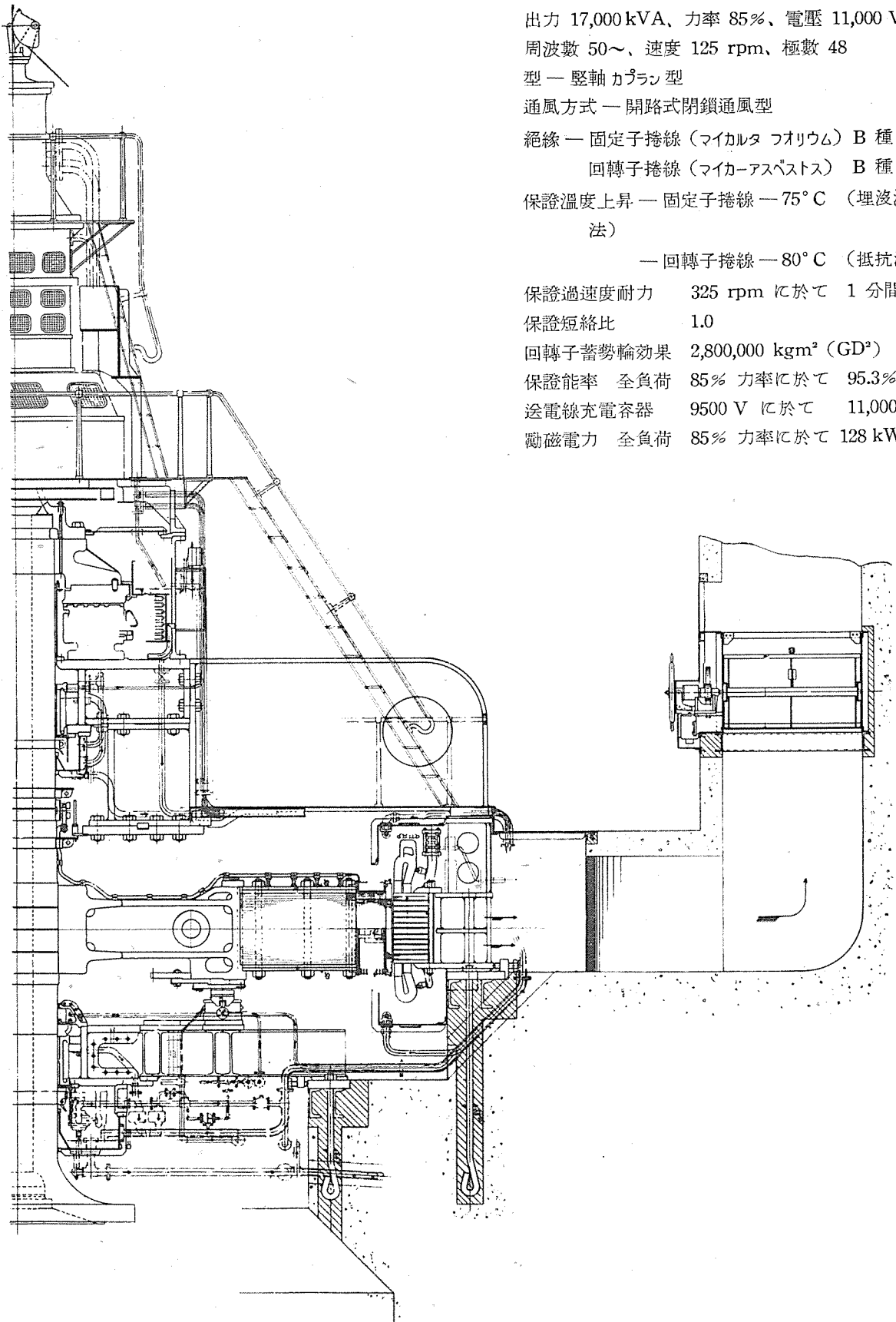
保證短絡比 1.0

回轉子蓄勢輪効果 2,800,000 kgm² (GD²)

保證能率 全負荷 85% 力率に於て 95.3%

送電線充電容器 9500 V に於て 11,000 kVA

勵磁電力 全負荷 85% 力率に於て 128 kW 187 V



第 21 圖 大型カプラン水車発電機

機械常數豫定値

リアクタンス (単位法)							時常數 (秒)				單位慣性 (常數秒)
X _d	X _q	X' _d	X'' _d	X' _q	X ₂	X ₀	T _{do'}	T _{d'}	T _{d''}	T _a	M (呎 封度 單位)
.96	.59	.301	.24	.28	.26	.23	6.4	2.1	.035	.13	7.6

15500 kVA カプラン 水車發電機

構造及機械配置等大体前述の 17000 kVA と同一である定格、要目及機械常數は下記の通りである。

出力 15500 kVA、力率 80%、電壓 11000 V

周波數 60~、速度 171.5 rpm、極數 42

型 — 豎軸 カプラン 型

通風方式 空氣冷却器を有する閉路 閉鎖通風型

絶緣 — 固定子捲線 (マイカルタ フオリウム) B 種

回轉子捲線 (マイカ アスベスト) B 種

保證溫度上昇 固定子捲線 65°C (埋設溫度計法)

回轉子捲線 65°C (抵抗法)

保證過速度耐力 360 rpm に於て 1 分間

保證短絡比 1.05

回轉子蓄勢輪効果 2,100,000 kgm² (GD²)

逆電線充電容量 9000 V に於て 12,5000 kVA

保證能率 全負荷 80% 力率に於て 95.6%

勵磁電力 全負荷 80% 力率に於て 90 kW 197 V

機械常數豫定値

リアクタンス (単位法)							時常數 (秒)				單位慣性 常數(秒)
X _d	X _q	X' _d	X'' _d	X' _q	X ₂	X ₀	T _{do'}	T _{d'}	T _{d''}	T _a	M (呎 封度 單位)
.79	.52	.29	.24	.22	.23	.15	5.	1.9	.034	.106	13.6

放電管に依る誘導電動機 の 速度調整

大阪製作所 川 上 俊 二
近 藤 敬 吉

内 容 梗 概

負荷回轉力が回轉速度の自乗に比例して變化する様な荷を誘導電動機で運轉中に、電源電壓或は周波數が變化した場合、その速度は如何に變化するか。斯る場合に速度に變化を生ぜしめない爲には如何なる調整が必要であるかを簡単に考究し、三極放電管を用ひて主として電源電壓の變動に基く速度の變化を補整する速度調整器の實例に就て説明を加へたものである。

§ 1. 電源の變動が誘導電動機 の 速度特性に及ぼす影響

負荷回轉力が回轉速度の自乗に比例して變化する様な荷を負つて誘導電動機が運轉中に、電源電壓或は周波數に變動が起きた場合、その速度は如何様に變化するか。これを次の三つの場合に分けて簡単に考察して見る。

- (A) 電壓のみ變動した場合
- (B) 周波數のみ變動した場合
- (C) 電壓と周波數とが一緒に變動した場合

以上を考察するに當り、本文は誘導電動機 の 特性を研究するのがその目的でないから條件を簡単にする爲に次の如き假定を設ける。即ち、

誘導電動機は規定の電壓、周波數の下に或る速度で運轉してゐるものと定める。

斯の如き場合に電源電壓乃至周波數に變動を生じたとき速度が如何に變化するかを考ふこととし、起動特性や、最大回轉力の變化等はこれを考察しない事にする。滑り S にて運轉中の誘導電動機 の 回轉力を T とすれば、

$$T = \frac{m_1 \cdot P}{9.81 \times 4\pi f} \cdot \frac{S \cdot (E_1)^2 r_2'}{\{(Sr_1 + r_2')^2 + S^2(x_1 + x_2')^2\}} \quad k.g.-M. \quad (1)$$

茲に m_1 = 一次の相數

P = 極 數

f = 電源周波數

r_1 = 一次一相の抵抗

x_1 = 一次一相のリアクタンス

x_2' = 一次に換算した二次一相のリアクタンス

r_2' = 一次に換算した二次一相の抵抗

第1圖に於て定格端子電壓のとき電動機は滑り S_0 にて回轉し、負荷の回轉力 T_L と電動機 の 回轉力 T_0 とが釣合つて定速運轉をしてゐる。

A) 電壓のみ變動した場合 以上の如き状態のとき端子電壓が ΔE だけ變化して aE となつたときは、滑り S_0 は S_1 となり、負荷回轉力 T_L と電動機 の 回轉力

T_{m1} とが釣合つて $(1-S_1)$ なる速度で運轉を行ふことになる。

即ち(1)式より、

$$T_0 = K \frac{S_0 \cdot (E_1)^2 \cdot r_2'}{(S_0 r_1 + r_2')^2 + S_0^2 (x_1 + x_2')^2} \quad (2)$$

$$T_1 = K \frac{S_1 (aE_1)^2 \cdot r_2'}{(S_1 r_1 + r_2')^2 + S_1^2 (x_1 + x_2')^2} \quad (3)$$

又負荷回轉力は回轉速度の自乗に比例するから

$$T_{L0} = K' (1-S_0)^2 \quad (4)$$

$$T_{L1} = K' (1-S_1)^2 \quad (5)$$

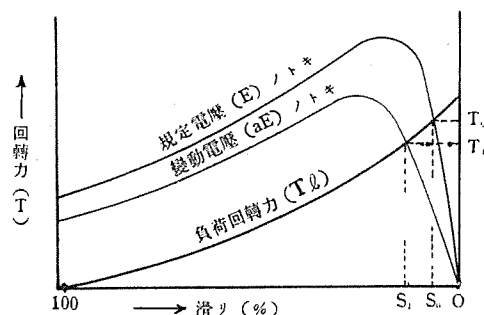
電動機出力と負荷とが釣合つて居る故に

$$\left. \begin{aligned} T_{L0} &= T_{m0} \\ T_{L1} &= T_{m1} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

夫れ故に(2)式乃至(6)式を適用して、

$$\begin{aligned} \frac{T_{m0}}{T_{m1}} &= \frac{T_{L0}}{T_{L1}} = \frac{S_0 (E_1)^2 r_2'}{(S_0 r_1 + r_2')^2 + S_0^2 (x_1 + x_2')^2} \\ &\quad \times \frac{(S_1 r_1 + r_2')^2 + S_1^2 (x_1 + x_2')^2}{S_1 \cdot (aE_1)^2 \cdot r_2'} \\ &= \frac{(1-S_0)^2}{(1-S_1)^2} \quad (7) \end{aligned}$$

$x_1 + x_2' = x$ とおき且つ $S_1 \cdot r_1$ は x 及 R_2' (巻線の二次抵抗並に速度制御用二次抵抗の和、但し何れも一次に換算した値とする。)に對して之を省略し得るから(7)式は



第 1 圖

$$\frac{S_0 \{(R_2')^2 + S_1^2 x^2\}}{S_1 a^2 \{(R_2')^2 + S_0^2 x^2\}} = \frac{(1-S_0)^2}{(1-S_1)^2} \quad (7')$$

(7') 式を展開し (S)³ の項を省略すれば、

$$S_1^2 - \frac{a^2(1-S_0)^2 + 2S_0}{S_0} S_1 + 1 = 0$$

$$S_1 = \frac{A \sqrt{A^2 - 4}}{2} \quad (8)$$

$$\text{但し } A = \frac{a^2(1-S_0)^2}{S_0} + 2 \text{ とす。}$$

(8) 式から電圧 E_0 のとき滑り S_0 で運轉してゐた電動機は供給電圧が aE_0 に變つたときは滑りがどれだけに変化するかを知ることが出来る。即ち速度の變化は、

$$\pm \frac{N_1 - N_0}{N_0} \times 100\% = \pm \frac{S_0 - S_1}{1 - S_1} \times 100\%$$

但し (+) は電圧上昇の場合を示し、(-) は電圧降下の場合を示す。

次に電圧が E_0 より aE_0 に變化した爲に速度が $(1-S_0)$ から $(1-S_1)$ にまで變化したとすればこれを補整して始の速度 $(1-S_0)$ にまで戻すには如何にしたらよいかを考えて見る。夫れには次の二つの場合がある。

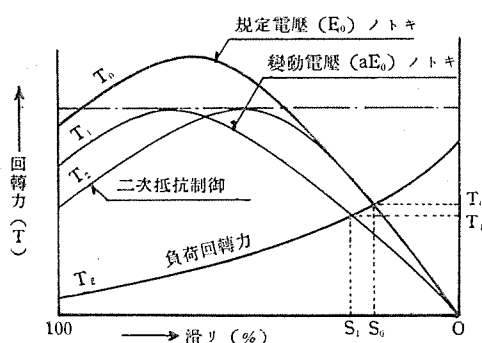
ア) 一次電圧に依る補整方法

イ) 二次抵抗に依る補整方法

ア) の場合は當然變化した丈の一次變壓を何等かの方法で加減して供給電圧を元の値にまで戻してやればよい譯である。

イ) の場合は一次電圧は變化した儘にしておいて二次抵抗を加減して速度を元の値に迄戻す方法であつて、 ΔE の電圧の變化に對してどれ丈二次抵抗を變化させれば良いかを調べて見る事とする。

第 2 圖に於て規定電圧 E_0 のとき回轉力—速度特性は前述の通り T_0 一曲線に與へられて居り、負荷回轉力 T_{L0} と電動機回轉力 T_{m0} とが T_0 で釣合つて運轉して居たものが、電圧が下つて T_1 一曲線 (上つた場合も同要領) に移つたとすると其時電動機回轉力には不足を生じて來る故に負荷—回轉力特性曲線 (T_L) に沿つて速度が下つてゆき、負荷回轉力 T_L と釣合つた位置即ち回轉力 (T_1) ; 滑り S_1 で再び等速運轉に入る譯である。結局速度を下げないために、換言すれば aE_0 の下に於ても前と同じく矢張り T_0 の回轉力を發生するには電動機の回轉力—速度特性を T_2 の曲線に移さねばならない。



第 2 圖

T_0 の曲線に就いて (2) 式を考ふれば、

$$T_0 = K \frac{S_0 (E_1)^2 r_2'}{(S_0 r_1 + r_2')^2 + S_0^2 (x_1 + x_2')^2}$$

又 T_2 の曲線に就いて (2) 式を考ふれば、

$$T_0 = K \frac{S_0 (aE_1)^2 \cdot (r_2' \pm R_c')}{(S_0 r_1 + r_2' \pm R_c')^2 + S_0^2 (x_1 + x_2')^2}$$

但し R_c' = 一次に換算せられる二次調整抵抗とす。

$$\text{故に } \frac{S_0 (aE_1)^2 \cdot (r_2' \pm R_c')}{(S_0 r_1 + r_2' \pm R_c')^2 + S_0^2 (x_1 + x_2')^2} = \frac{S_0 (E_1)^2 r_2'}{(S_0 r_1 + r_2')^2 + S_0^2 (x_1 + x_2')^2}$$

上式を略算すれば、

$$(r_2' \pm R_c') = a^2 r_2' \quad (9)$$

従つて抵抗の變化は

$$\pm \frac{(r_2' \pm R_c') - r_2'}{r_2'} \times 100\% = \pm (a^2 - 1)\% \quad (10)$$

B) 周波数のみ變動した場合 誘導電動機の同期速度は

$$N_s = \frac{120 \times f}{P} \quad (11)$$

滑り S に於ける回轉數 N は、

$$N = (1-S) \times N_s = \frac{120 \times f}{P} \times (1-S) \quad (12)$$

従つて周波数が變化すれば、回轉數は大略周波數の變化に比例して變る。故に規定周波數を f_0 、變動した周波數を f_1 とすれば、

$$f_1 = b f_0$$

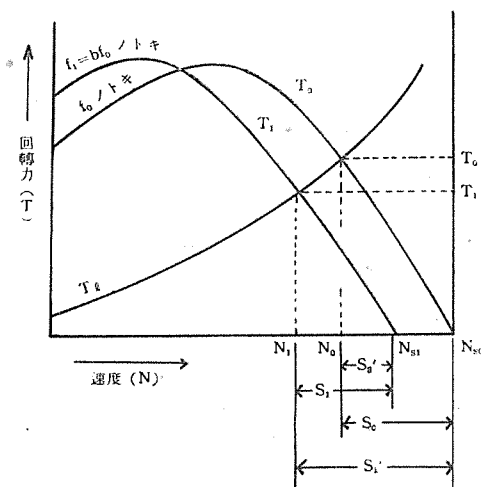
$$N_1 = \frac{120 f_1}{P} (1-S_1) \quad (13)$$

(1) 式より

$$T = \frac{m_1 \cdot P}{9.81 \times 4\pi} \times \frac{S \cdot (E_1)^2 r_2'}{f \times \{(S r_1 + r_2')^2 + S^2 (x_1 + x_2')^2\}} \quad (14)$$

$$\frac{m_1 \cdot P}{9.81 \times 4\pi} = k' \text{ とおけば}$$

$$T = k' \frac{S_1 (E_1)^2 \cdot r_2'}{f \times \{(S r_1 + r_2')^2 + S^2 (x_1 + x_2')^2\}} \quad (14')$$



第 3 圖

第3圖を参照すれば、

$$N_1 = N_{s1}(1 - S_1) = N_{s0}(1 - S_1') \\ S_1 = \frac{N_{s1} - N_1}{N_{s1}} = \frac{120 \times b \times f_0}{P} - \frac{120 \times f_0}{P} (1 - S_1') \\ = \frac{(b-1) + S_1'}{b} \dots\dots\dots (16)$$

$$T_{m0} = k \cdot \frac{E_0^2 S_0}{f_0 r_2'} \dots\dots\dots (17)$$

$$T_{m1} = k \cdot \frac{E_0^2 S_1}{f_1 r_2'} = k \cdot \frac{E_0^2 \cdot \frac{(b-1) + S_1'}{b}}{b \cdot f_0 \cdot r_2'} \dots\dots\dots (18)$$

又負荷に就いて考へると

$$T_{l0} = k' (1 - S_0)^2 \dots\dots\dots (19)$$

$$T_{l1} = k' (1 - S_1)^2 \dots\dots\dots (20)$$

電動機の出力と負荷の回轉力とは釣合つて居る故に、

$$\left. \begin{aligned} T_{l0} &= T_{m0} \\ T_{l1} &= T_{m1} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (21)$$

それ故に

$$\frac{T_{m0}}{T_{m1}} = \frac{T_{l0}}{T_{l1}} = \frac{E_0^2 \cdot S_0}{f_0 \cdot r_2'} \times \frac{b \cdot f_0 \cdot r_2'}{E_0^2 \cdot \frac{(b-1) + S_1'}{b}} \\ = \frac{b^2 \cdot S_0}{(b-1) + S_1'} = \frac{(1 - S_0)^2}{(1 - S_1')^2} \dots\dots\dots (22)$$

(22) 式を解けば、

$$S_1' = \frac{\left\{ 2 + \frac{(1 - S_0)^2}{b^2 S_0} \right\} \pm \sqrt{\left\{ 2 + \frac{(1 - S_0)^2}{b^2 S_0} \right\}^2 - 4 \left\{ 1 - \frac{(b-1)(1 - S_0)^2}{b^2 S_0} \right\}}}{2} \\ = \frac{B \pm \sqrt{B^2 - 4C}}{2} \dots\dots\dots (23)$$

$$\text{但し } B = 2 + \frac{(1 - S_0)^2}{b^2 S_0}$$

$$C = 1 - \frac{(b-1)(1 - S_0)^2}{b^2 S_0} \quad \text{とする。}$$

(23) 式に依り電源の周波数が f_0 より f_1 に變動すれば滑りが f_0 の場合に對して幾許に變るかを知らることが出来る。以上の式の各項に就ては一々説明を加えなかつたが電壓の變動の場合と同じ意味であり、且0の附いたのは規定の周波数で、1の附いたのは變動した周波数に對する値である。尙 S_1' は f_1 サイクルになつた場合の滑りを元の周波数 f_0 サイクルに換算した値である。斯て速度の變化は

$$\pm \frac{N_1 - N_0}{N_0} = \pm \frac{S_0 - S_1}{1 - S_0} \dots\dots\dots (24)$$

次に周波数が f_0 より $b f_0$ に變化した爲に速度が $(1 - S_0)$ から $(1 - S_1)$ に迄變化したとすれば、これを補整して初速度 $(1 - S_0)$ にまで戻すには如何にしたらよいかを考へて見る。夫れには電壓の場合と同様に、

ウ) 一次電壓に依り補整する方法

エ) 二次抵抗に依り補整する方法

の二つに就いて考へて見る。

ウ) 一次電壓に依り補整する方法

第3圖を参照するに周波数 f_0 、電壓 E_0 にて回轉力 T_0 を出し速度 N_0 にて運轉中の誘導電動機は周波数が $b f_0$ に變れば速度は N_1 に變り、回轉力は T_1 に下る譯であるが、その場合電壓を $g E_0$ に補整してやれば回轉力は T_0 にまで上るから速度は N_0 に戻る事になる。この關係を式で示せば、

$$T_0 = k \frac{E_0^2 S_0}{f_0 r_2'} = k \frac{(g E_0)^2 S_0}{b f_0 r_2'} \dots\dots\dots (25)$$

然るに

$$S_0 = \frac{N_{s1} - N_0}{N_{s1}} = \frac{\frac{120}{P} b f_0 - \frac{120}{P} f_0 (1 - S_0)}{\frac{120}{P} b f_0} \\ = \frac{(b-1) + S_0}{b} \dots\dots\dots (26)$$

(26) 式を (25) 式に適用すれば、

$$(g)^2 = \frac{b^2 S_0}{(b-1) + S_0}$$

$$\text{故に } g = b \sqrt{\frac{S_0}{(b-1) + S_0}} \dots\dots\dots (27)$$

(27) 式に依りて電壓補整の大小を知る事が出来る譯である。

エ) 二次抵抗に依り補整する方法

(25) 式と同要領に依り、

$$k \frac{E_0^2 S_0}{f_0 r_2'} = k \frac{E_0^2 S_0}{b f_0 (r_2' + R_c')} = \frac{E_0^2 \cdot \frac{(b-1) + S_0}{b}}{b \cdot f_0 (r_2' + R_c')}$$

夫れ故に

$$(r_2' + R_c') = \frac{(b-1) + S_0}{b^2 S_0} \times r_2' \dots\dots\dots (28)$$

(28) 式に依りて二次抵抗補整法に於ける調整すべき抵抗の値 R_c を求むる事が出来る。

C) 電壓と周波数とが一緒に變動した場合

以上考究した條件は各項夫々單獨に變動條件が生じた場合であつたが、最後に最悪條件として電壓は $(a E_0)$ 周波数は $(b f_0)$ になつた場合を考へる。而してこの場合も今迄と同様に、

オ) 一次電壓に依り補整する方法

カ) 二次抵抗に依り補整する方法

と夫々の場合に就いて條件を求むるのであるが、今迄と同様な事を繰返す丈であるから單に結果だけ示す事にする。

オ) 一次電壓に依り補整する方法

$$T_0 = k \frac{E_0^2 S_0}{f_0 \cdot r_2'} \dots\dots\dots (29)$$

$$T_1 = k \frac{(a E_0)^2 S_1}{f_0 \cdot r_2'} \dots\dots\dots (30)$$

$$T_2 = k \frac{(a E_0)^2 S_2}{b \cdot f_0 \cdot r_2'} \dots\dots\dots (31)$$

$$k \cdot \frac{(h a E_0)^2 S_0'}{b \cdot f_0 \cdot r_2'} = \frac{(h a E_0)^2}{b \cdot f_0 \cdot r_2'} \cdot \frac{(b-1) + S_0}{b} = \frac{E_0^2 S_0}{f_0 \cdot r_2'}$$

$$\therefore h = \frac{b}{a} \sqrt{\frac{S_0}{(b-1)+S_0}} \quad (32)$$

h) 二次抵抗に依り補整する方法

$$k \cdot \frac{(a \cdot E_0)^2}{b \cdot f_0 \cdot (r_2' + R_0')} \cdot \frac{(b-1)+S_0}{b} = k \cdot \frac{E_0^2 S_0}{f_0 \cdot r_2'}$$

故に、

$$(R_0' + r_2') = \frac{a^2 \{(b-1)+S_0\}}{b^2 S_0} r_2' \quad (33)$$

斯て(32)式及(33)式に依り夫々一次電壓に依り補整する場合並に二次抵抗に依り補整する場合の調整量の値を知る事が出来た。

§ 2. 電源の變動と速度調整器

前節に依り電源電壓乃至周波数の變動が負荷の回轉速度に及ぼす影響とこれを補整する場合の調整量との関係を極めて略算的に考究した譯であるが、これ等の式に基き一次電壓調整法と二次抵抗調整法との組合せ方が決めらるゝ譯である。調整器の組合せを決定するに先立ち今一度前節の結果を顧みて、これに或る値を與へて表を作つてみると第1表の通りとなる。即ち、

1. 電壓のみ變動した場合

1. 1. 一次電壓に依る補整

$$\text{調整量} = \mp (a-1)$$

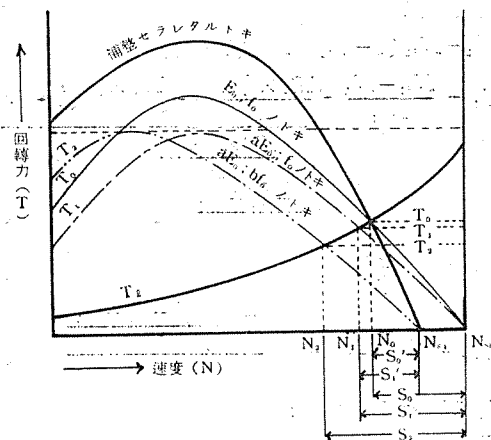
1. 2. 二次抵抗に依る補整

$$\text{調整量} = \pm (a^2-1)$$

2. 周波数のみ變動した場合

2. 1. 一次電壓に依る補整

$$\text{調整量} = \pm \left(1 - b \sqrt{\frac{S_0}{(b-1)+S_0}} \right)$$



第 4 圖

2. 2. 二次抵抗に依る補整

$$\text{調整量} = \frac{(b-1)\{1-(b+1)S_0\}}{b^2 S_0}$$

3. 電壓と周波数と同時に變動した場合

3. 1. 一次電壓に依る補整

$$\text{調整量} = \pm a \left(1 - \frac{b}{a} \sqrt{\frac{S_0}{(b-1)+S_0}} \right)$$

3. 2. 二次抵抗に依る補整

$$\text{調整量} = \pm \left(\frac{a^2 \{(b-1)+S_0\}}{b^2 S_0} - 1 \right)$$

第1表に依り明かな様に、例へば一次電壓に依つて補整するとすれば、電壓5%降下、周波数1%低下に對して滑り50%のときは電壓調整5%；滑り10%のときは4.6%；滑り5%のときは16%の調整を行はなければならない。而して滑り1%のときは電壓丈では補整不可能で

第 1 表

項目 調整(%)		滑り (S ₀)							
		0.50	0.10	0.05	0.01	0.50	0.10	0.05	0.01
電 壓 の み 變 動 せ る 場 合		a=1.05				a=0.95			
一次補整	干(a-1)	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
二次補整	±(a²-1)	10.25	10.25	10.25	10.25	9.75	9.75	9.75	9.75
周 波 数 の み 變 動 せ る 場 合		b=1.01				b=0.99			
一次補整	±(1-b√(S₀/(b-1)+S₀))	0	3.60	8.00	28.5	0	4.50	16.00	∞
二次補整	±((b-1){1-(b+1)S₀}/b²S₀)	-0.01	7.80	17.6	96.0	0.01	8.20	18.1	99.97
電 壓 周 波 数 共 に 變 動 せ る 場 合		a=1.05; b=1.01				a=0.95; b=0.99			
一次補整	±[a-b√(S₀/(b-1)+S₀)]	5.00	8.00	13.5	33.5	5.00	4.60	16.0	∞
二次補整	±[a²{(b-1)+S₀}/b²S₀-1]	9.96	17.8	27.6	10.6	-0.62	1.20	10.4	94.0

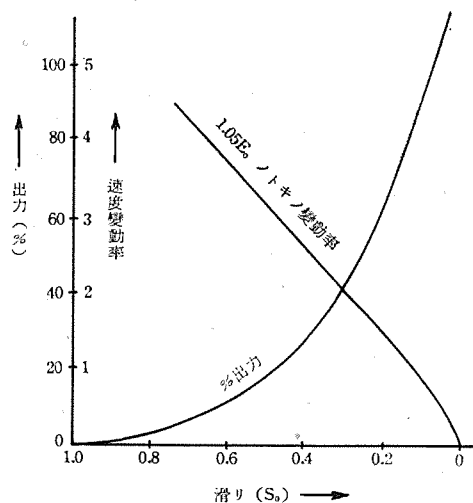
ある。この事は第4圖の補整曲線を見れば明かに知る事が出来る。回轉力が速度の自乗に比例する如き負荷、即ち出力が速度の三乗に比例する負荷の場合に就いて考へると、滑りの小さいときは出力が大で其時は電動機自身の速度變動率も小である。例へば簡單の爲め電源電壓が+5%變化した或る誘導電動機の滑りに對する速度變化の割合及速度と出力との關係を示せば第5圖の通りである。従つて假にこの誘導電動機に速度に1%の變動を許すものとすれば滑り約12%の附近までは速度調整器無しでも良い事になる。斯く種々の條件を考慮に入れて補整量の限界を決定する事が出来る。

可變速度制御の場合には二次抵抗制御を行ふ故に、これに補整作用の一部を負せると便利である。即一般に電壓の變化は急激に起るに反して、周波數の變化は非常に大きな回轉慣性を有する故に、電壓の變化に比べて其變化の速さは著しく遅い。故に電壓の變動に對しては一次電壓補整法に依り、又周波數の變動に對しては二次抵抗補整法に依ると便利である。筆者等が關係した誘導電動機は斯の如き方法に依つたのであつて、二次抵抗に依る補整装置は當社長崎製作所に於て製作し、筆者等は一次電壓に依る補整装置を擔當したので、二次抵抗に依る方法は此處には省略する事とする。

§ 3. 一次電壓に依る電壓補整方法

一次電壓に依り補整作用を行ふには電源回路に直列或は並列に調整器を挿入すれば良いのであるが、電動機が單獨發電機から電力の供給を受けてゐる場合は最も簡單であるが、斯る場合は極めて特殊の場合であるので、一般に幾つかの負荷が並列に接続されてゐるものとして代表的な二三の場合を舉げて見れば次の如くである。

- ア) 加減壓變壓器に依るもの
- イ) 誘導電壓調整器に依るもの
- ウ) 直列抵抗器に依るもの
- エ) 直列リアクトルに依るもの
- オ) 同期加減壓機に依るもの 等。



第 5 圖

ア) の加減壓變壓器に依る方法は最も簡單確實であるがタップ變換を迅速且つ數多く繰返し行ふ事は困難である。従つて自動調整には不向である。

イ) の誘導電壓調整器に依る方法は主回路を開閉すること無しに調整出來て大變便利である。殊に逓信省電氣試験所第三部高橋正一博士御案に依る影像法に依りトルク、モートルを三極放電管に依り制御する方法は理想的であるが、逆相電力を得るのに制限があり、餘り大なる出力のトルク、モートルを使用出來ない事に依り容量に制限が

ウ) 直列抵抗器に依る方法は次のエ) の直列リアクトルに依る方法と共に簡單且便利である。殊に直列リアクトルに第三巻線を設けて、之に直流を通じ、この直流勵磁を三極放電管に依り制御する方法は確實且便利で、既に數千馬力の誘導電動機に實用してゐる例がある。

オ) 同期加減壓機に依る方法は前述エ) 項の可變飽和直列リアクトルに依る方法と共に有効な方法であつて、制御すべき誘導電動機の容量に依りエ) を用ふるかオ) を用ふるか種々論議せらるゝ處である。可變飽和リアクトルを用ふる方法と同期加減壓機を用ふる方法との長短を比較すれば次の如きものであらう。

ある。

直列可變飽和 リアクトル の優れてゐる點

1. — 回轉部分がない。(勵磁機は別)
2. — 構造簡單、確實にして信頼度が高い、
3. — 價格が安い。

可變 リアクトル の劣れる點

1. — 通信線に高調波に依る誘導妨害を生ずる。
2. — 土の兩方に働かないから調整全量の容量を必要とする。
3. — 昇壓の方向に働かないから正規の常態に於て變動量の半分丈を常に殺して置かねばならず従つて誘導電動機は低端子電壓に設計する要あり、配線に多くの材料を要し、且つ能率が下る。
4. — 回路の力率を低下し、従つて變動率を増加し、銅損を増加する。
5. — 容量はインダクタンス値に對しては最小電流の時に必要なる電壓降下を與ふる値を要し、銅斷面積としては最大電流の時に必要なる斷面積を有する。

同期加減壓機の優れてゐる點

1. — 高調波の發生が少い。
2. — 容量は電源變動振幅の約半分で良い。
3. — 電流の大小に依り利方に相違を生ずる事が無い。
4. — 誘導電動機に正規の端子電壓を與ふる事が出来る。

同期加減壓機の劣れる點

1. — 加減壓機、驅動電動機と必要な容量の大約 2

倍の容量の設備をせねばならない。

2. — 価格が高くなる。
3. — 保守に手数を要する。

其他列挙すれば種々あると思ふが主な點は以上の如くである。然し例へば設備費の如きも主誘導電動機の容量が非常に大きくなつて來ると、巻線の直並列切替でも行はない限り大型になつてくるし、リクアトル勵磁用直流機の價格も高價になつて來て同期加減壓機と大差なくなつて來る。然し主誘導電動機の容量が小さい時は斷然有利であるが、高調波の發生に基く近傍の通信線に誘導妨害を及ぼす事は致命的な缺點である。當社に於ては主誘導電動機の容量其他に基く條件と、誘導妨害軽減の爲に同期加減壓機に依る速度補整法を採用して見たので以下詳しく詳細にこの方法に就いて考究して見る事にしよう。

§ 4. 同期加減壓機に依る補整方法

第 6 圖は同期加減壓機に依る補整方の動作原理を示す略圖である。

主誘導電動機 $I_{nd. M.}$ に直結せられたる回轉計發電機 TD_y は回轉數に比例する電壓を發生する。この電壓は標準電壓と相殺せられて電子管調整装置に加へられる。其結果電源電壓乃至周波數に基く回轉の變化が無ければ同期加減壓機は發生電壓零となつて空回轉し居るが、速度低下すれば同期發電機となり前節の如く電壓補整作用を行ひて回轉數の低下を防ぐ。逆に速度上昇せば同期電動機となり、誘導電動機の端子より電氣的負荷を吸収して驅動電動機を経て母線に電力を返還し、誘導電動機を速度を低下せしめて其上昇作用を防ぐ。

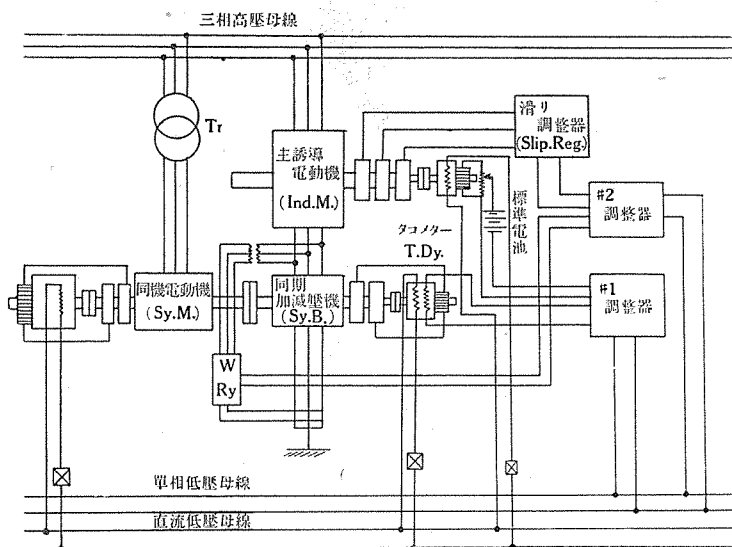
以上は其根本原理であつて、前節の説明に依つても明かな如く、一次電壓のみの補整に依るときは、高速運轉即主誘導電動機の出力大なるときは調整困難となるのみならず、或る場合には引續き次の變動が起つた時に調整能力に不足を生ずる。故に實際には一次電壓補整と二次

電壓補整とを並用すると良く、電壓其他に基く主電動機の急速なる速度變化に對して一次電壓補償が働き、次いで遅れて二次抵抗補整装置が働いて速度補整を行ふと共に、一次電壓補整は次第に負荷を減ずる如くすれば便利である。

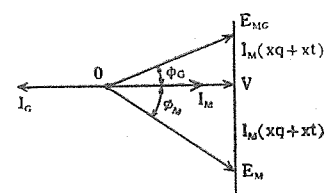
例へば E_0 ポルトの端子電壓で N_0 で運轉中、電壓が急に E_1 ポルトに低下したとせば、取り不致同期加減壓機に依り $E_0 - E_1$ ポルトを發生して置き、次いで二次抵抗を R_0 より R_1 にまで減じて主電動機をして E_1 ポルトに於て N_0 の速度を保たしめ、同期加減壓機は再び電壓發生零として常に次の補整作用の爲に待機させて置くのである。恰も同期加減壓機はフライホイールの役目をし、滑り調整器はガバナーの役目を勤めてゐるのであつて、この管制作用を行ふのが電力繼電器 W, R_y である。

更に本調整器の作用を考察するに、同期加減壓機は同期電動機 $S_y, M.$ に直結せられて居り、同期電動機は又變壓器 T_r を經て主電動機と同一母線に接続されてゐる（變壓器 T_r の無い場合も多いが一般條件として T_r を入れる）然るに同期電動機は其特性上、其受授電力の値に依り、母線電壓に對して一定の位相關係を有する。同期加減壓機も亦調整電力の値に依り母線電壓の位相に對し一定の位相關係を保持する。然も主誘導電動機も亦一定電壓、一定出力、の下では一定の力率で運轉する故に、其の電流は母線電壓の位相に對して一定の位相を持つ。従つて主電動機の一定出力に於て一定の電壓變動を補整すべき同期加減壓機の運轉位相角並に其端子電壓電流の關係並に其大いさは一定である。

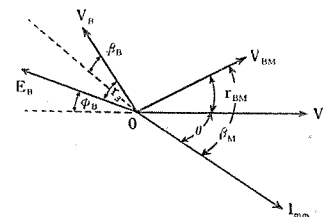
第 7 圖甲は同期電動機 ($S_y, M.$) が力率 1 にて運轉せる場合の電壓、電流ベクトルを示す。 V は母線電壓、 I_M は電流、 E_M は本機が電動機として運轉した場合の界磁誘起電壓で、其時の出力に應じて母線電壓に對して φ_M だけ遅れてゐる。 E_{MG} は本機が發電機として同期加減壓機より機械力を受け電力を母線に返還せる場合の界



第 6 圖



(甲)



(乙)

第 7 圖

磁誘起電圧にして、其時の出力に應じて φ_G だけ母線電圧より進んでゐる。

従つて同期加減壓機が發電機となり昇壓する場合は E_M, φ_M の位置を取り、同期加減壓機が電動機となり降壓する場合は $E_{MG} \varphi_G$ の位置を取る。即ち運転中の同期電動機の極の位置は母線電圧に對して $-\varphi_M$ と $+\varphi_G$ との範囲内に移動するものである。 x_g は電動機の横軸リアクタンスを示し、 x_l は變壓器の漏洩リアクタンスを示すものである。

第7圖乙は同期加減壓機の電壓電流ベクトルの關係を示す。本機は主電動機 (I_{md}, M) に直列に接続せられる故に其電機子 (固定子) には主誘導電動機の電流 $I_{mm} \theta$ が流れるのである。この電流 I_{mm} の値並に其位相角 θ は前述の如く主電動機の回転數と負荷により定まるものであつて同期加減壓機に依つて殆んど左右されない。 V は母線電壓、 $E_B - \varphi_B$ は本機が發電機として運轉して主電動機の端子電壓を昇壓させる場合の界磁誘起電壓並に母線電壓 V に對する位相角、 $V_B - \gamma_B$ は其の場合の端子電壓並に其の位相角を示す。従つてこの場合の發生電力は $+V_B \cdot I_{mm} \cdot \cos \beta_B$ であつて損失を無視すれば $V \cdot I_M$ に等しかるべきものである。

$E_{BM} - \varphi_{BM}$ は本機が電動機として主電動機の端子電壓を降下せしめ、機械的動力を同機電動機に傳へ、これを發電機として驅動し、變壓器 (T_r) を經て電力を母線に返還する場合にける界磁誘起電壓並に母線電壓に對する位相角を示す。従つてこの場合、主電動機回路より吸收する電力は $+V_{BM} \times I_{mm} \cos \beta_M$ であつて、損失を無視すれば $V \cdot I_G$ に等しかるべきものである。

従つて、同期加減壓機が發電機となり昇壓する場合は $E_B - \varphi_B$ の位置を取り、電動機となり降す場合は $E_{BM} \varphi_{BM}$ の位置を取る。即ち運転中同期加減壓機の磁極の位置は同期電動機の $-\varphi_M$ 及 $+\varphi_G$ の範囲に對して $-\varphi_B$ 及 $+\varphi_{BM}$ 範囲となり、勵磁の方向は發電機 (昇壓) の場合と、電動機 (降壓) の場合とでは反轉する事を要する事になる。

同期加減壓機を同期電動機に對して正しく 180° 電氣角に直結すれば

$$\varphi_M = \varphi_B$$

$$\varphi_G = \varphi_{BM}$$

となり、同期加減壓機を同期電動機に對して正しく電氣角にて進み 210° に直結すれば、

$$\varphi_M = \varphi_B - 30^\circ$$

$$\varphi_G = \varphi_{BM} - 30^\circ$$

となる。上述の如く、同期加減壓機の發生電壓は、母線電壓と同一位相角をとるものではなく、常にある角度を取るものである。これ等の關係を更に詳細に研究すれば面白い問題となるのであるけれども、餘りに長くなるので此處に割愛する。尙これ等の關係は當社神戸製作所設計部小川信一參事並に楠瀬康雄參事の御教示を戴いたものである。

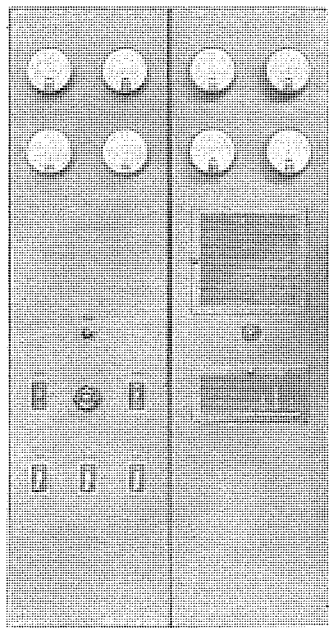
§ 5. 三極放電管調整装置

前第4節にも説明した様に、同期加減壓機の勵磁方向は昇壓の場合と降壓の場合とでは反轉する必要があり然も其の大きさを自動的に加減する必要がある。夫れで此處に三極放電管調整装置を應用したのであつて、三極放電管調整器に就ては權威逕信省電氣試験所第三部高橋正一博士の貴重なる論文の發表があり、且本放電管調整器の製作に關しては同博士及第三部の方々の方ならぬ御指導を賜る事を得たのであつて其御厚意に對し深く感謝の意を表する次第である。三極放電管調整器に就て筆者等が贅言を繰返すのは無駄と考ふる故、此處には同期加減壓機との關係のみを説明する事にする。

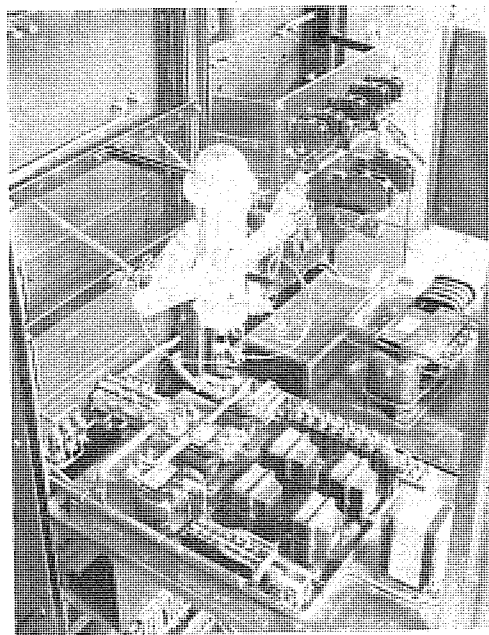
同期加減壓機の勵磁機の界磁巻線は第6圖に示す如く主分巻巻線と差働分巻巻線とより成り、差働分巻巻線は主分巻巻線の2倍のアンペアターンを有し、差働分巻巻線が一杯に勵磁されるときに同期加減壓機は逆の電壓 (昇壓) を發生する様になつてゐる。斯する事に依り勵磁機の動作が良好となるのみならず、三極放電管には常に約半分程度の負荷が加り居る故に、三極放電管の一大缺點たる氣温に依る放電電壓の變動を防止出来る。次に本誘導電動機は約50%の可變速度制御を行ふのであるが、前述の如く本調整器は規定速度と實際回転速度との間に差が生じた時のみ働けば良い故に、電壓増幅管の制御格子に加はる電壓をタコメーターダイオードと標準電壓との差とせすに、固定偏倚電壓とし、標準電壓は速度に應じた口出を設けずに一定値とし、タコメーターダイオードの電壓を分壓器に依り分壓加減し、標準電壓と相殺した値が規定速度に於て常に零となる如く設計した。即ち例へば

主電動機回転數	N_1	N_2	N_3
回転計發生電壓	20 ボルト	40 ボルト	60 ボルト
分 壓 電 壓	20 "	20 "	20 "
標 準 電 壓	20 "	20 "	20 "

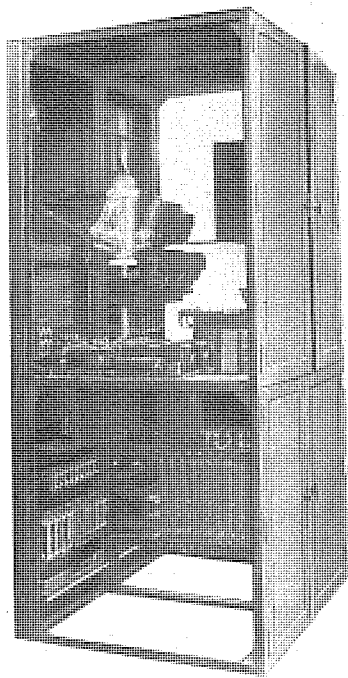
の如くした。次に放電管の電弧が消えると逆方向の電壓を急に同期加減壓機は發生する (この場合主誘導電動機は速度が下る) 故に勵磁回路の電流の一部を以て主分巻界磁回路の接觸器を作動せしめる様にしてある。又起動順序は總て機械的順位に依り結ばれてゐて、先の開閉器を誤つて投入しても働かない様になつてゐる。これ等は總て當所標準の鐵製配電盤に収め、体裁を他の盤と一致せしめてゐる。第8圖寫眞はこれを示し、向つて左の盤は電源部及主分巻界磁用調整抵抗、タコメーター發電機溫度補償抵抗器等を収めて居る。同く右の盤は三極放電管及増幅装置を収めて居る。第9圖は其右背面より見たる有様で、第10圖は増幅及移相主部分を示すものである。工場試験の結果は満足す可きものであつた。眞空管調整器の場合でもさうであつたが、放電管調整器の場合には特に豫備調整を十分入念に行つておく必要があると共に、之が取扱の巧劣は特性に重大なる影響がある。



第 8 圖



第 10 圖



第 9 圖

§ 6. 結 び

以上に依り負荷が回転数の自乗に比例する如き荷を誘導電動機が負つて運転中急に電源に變動を生じた場合起る速度の變化を研究し、之が補整法として一次電壓に依る方法と、二次抵抗に依る方法とある事を知つたのであるが、之が使ひ分けは種々の條件を考慮に入れて決定すべきであつて、此處では主として一次電壓に依る事を述べた。而して一次電壓の補整の代表的なものとしてリアクトルに依るものと同期加減壓機に依るものとの得失を挙げたが、これ等の比較は價格即設備要領及必要なる變動率の値に依り其優劣も變つて來るものであつて、必ずしも同期加減壓機が優れたりとはしないのである。但し直流勵磁リアクトルを用ふるときは、高調波に基く近傍通信線に及ぼす誘導妨害は相當注意しなければならない點である。最後に種々御教示を賜つた逓信省電氣試験所第三部高橋正一博士、當社小川、楠瀬兩參事に重ねて厚く御禮を申し上げて此の稿を終り度いと思ふ。

参 考 文 献

- | | | |
|--------------|------------------|-------------------|
| 石井 正次: | 電源の變動と誘導電動機 | (明電舎ジャーナル 昭 15-8) |
| 村山 茂: | 誘導電動機的设计 | (昭 15-9) |
| 星合 正治: | 強電流工学と電子装置 | |
| 大河内友二、村上 俊男: | 工業方面に於ける電子管の應用 | |
| 高橋 正一: | 三極放電管自動電壓調整器 | (電學誌 昭 10-2) |
| 高橋 正一: | 誘導電壓調整器の精密自動電壓調整 | (電學誌 昭 9-11) |
| 高橋 正一: | 新しき自動加減壓器 | (聯合大會豫稿 昭 12-7) |

壓 延 補 助 電 動 機 の 制 御 装 置

神 戸 製 作 所 竹 内 眞 一

内 容 梗 概

壓延機用及びこれに類する頻繁苛酷なる使用に適するものとして新しく開發せる制御器具の特徴を述べ、次に壓延補助電動機用として標準化せる制御方式に就て其の特徴を論じ各方式に關し簡單なる説明を加へた。

一 般

壓延設備に於ける補助電動機には、主壓延機に直接附屬する補助電動機と、壓延行程中の補助機械を運轉する電動機とが含まれて居るが、最近主壓延機容量は益々増大せられ、我國に於ても記録的大容量の電機品が相次で製作せられて居るが、此に伴ひ補助電動機の容量及び數も著しく増加の傾向にある。殊に最近の壓延設備は最も能率のよい連續方式が採用せられ、從つて補助電動機關係の一箇所の故障も、全体の生産に直接關係を及ぼす結果となるので、此等の制御裝置の設計に當つては、壓延機械の各種の作業に對し最も適當なる制御方式を考慮すると同時に、制御器具は塵埃多き場所に於て、非常に頻繁なる使用により苛酷の取扱を受けるのであるから、機械的並に電氣的に構造堅牢にして動作の確實なる事は勿論、磨耗消耗に對し充分耐久性を有するものでなければならぬ。

現在壓延用補助電動機として、直流電動機及交流電動機何れも廣く使用せられて居るが、特性的には直流電動機の方が優れて居ることは、異論のない所である。即ち交流電動機は其の最大回轉力が限定されて居り、電源電壓の變化に對しても回轉力は直に變化するに對し、直流電動機に於ては其の回轉力は電壓の變化に無關係であり瞬時過大負荷に對しても、交流電動機に比し遙に大なる回轉力を出す事が出来る。又速度制御の點に於ても直流電動機は容易に速度の加減が出来るし、大なる制御回轉力を出して電氣制動を簡單に行へる等、特性上優れた點が多いが、一方交流電動機は直流電動機に比し安價であり、電動發電機等の變流裝置が不要で全体として資材が少くて済み、設備費も低廉で且保守の點も容易である等の利點があり、兩者夫々の特徴を有して居るから、其の選擇も諸種の事情を考慮して決定せねばならぬ。又總ての點に於て極力資材の節約を計らねばならぬ我國の現狀に鑑み、補助電動機に於ても、差支へなき限り交流電動機を使用し、一方制御裝置に於て極力其の特性の不備な點を補足する様考慮する事が大切である。

當社に於ては最近數年間に記録的大容量の主壓延電動

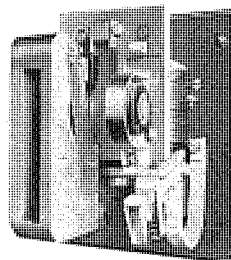
機と共に、數百臺に及ぶ補助電動機を製作したが、其の制御裝置として特別の研究を行ひ、これに最も適した制御器具を新に開發すると同時に、制御方式に於ても各種壓延機械の性能を考慮し標準方式を決定した。

制 御 器 具

壓延電動機用制御器具として、新しく研究開發せられたる電磁接觸器、繼電器、主幹制御器、制限開閉器等に就ての詳細は既に本紙上に發表せられて居るから、此處では簡單にその特徴を述べるに止める。

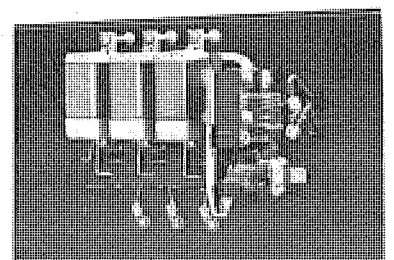
制御器具の中最も多く使用せられ、且制御裝置の生命とも稱すべき重大な役目を持つのは電磁接觸器であるが新型電磁接觸器の特徴としては、電氣的には新しき理論による消弧裝置を採用し、消弧力を著しく増大せしめ、接觸部の損傷を輕減し、機械的には從來の可動部の水平運動型を垂直運動型として、動作の確實性並に衝撃に對する信頼度を著しく増した。部分品には鑄物を極力排して、拔型、曲型、押型等の工具加工による鋼板、引拔合金、特殊絕緣性或は耐熱性 モールド を使用して強度を増し、而も重量を輕くし更に回轉軸部には窒化鋼を使用し、可動部分の重量輕減と相俟つて磨耗に對する耐久力を著しく増加し、一方補助接觸部には、接觸不安を除くために全部電氣點熔接による銀接觸子を使用する等、總ての點に於て、苛酷使用に對し充分の注意を行ひ設計せられて居る。

第1圖は新 DH 型 直流電磁接觸器の一種で、可動部は下方より垂直に運動し、重力を利用する事により作動



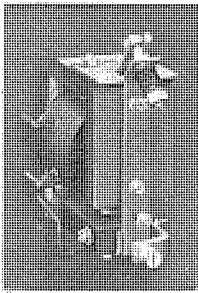
第 1 圖

DH型直流電磁接觸器

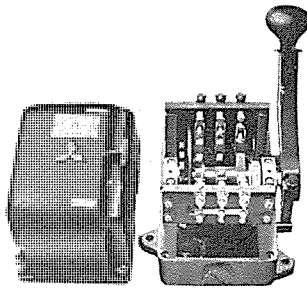


第 2 圖

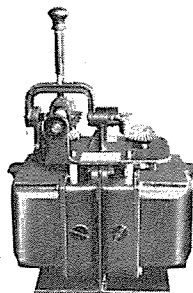
FN型交流電磁接觸器



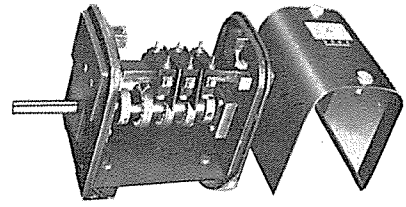
第3圖
DT型時限繼電器



第4圖(A)
CM型主幹制御器



(B)
CM型ユニバーサル 把手付主幹制御器



第5圖
DL型制限開閉器

不安を無くし、強力なる接觸部發條の作用とによつて、開放動作を敏速ならしめた。電弧除は新材質の耐熱性モールドを使用し、内部の構造は從來と異なる特殊構造とし電磁吹消装置と相俟つて電弧の移動速度を高め、強力なる消弧作用を行ひ接觸部の損傷を少くする様工夫されて居る。

第2圖は新FN型交流電磁接觸器にして、直流用と同様可動部垂直型とし、電磁石は從來の二脚U字型を三脚E字型として吸引力の能率を良くし、電弧除は最新の理論によるデアイオン型消弧装置とした。これは發生電弧を接觸部より直列に並んだ多數の消イオングリッドに移動せしめ、電弧を $\frac{1}{2}$ ～1サイクルで直ちに遮断する強力な消弧能力を有するものである。

第3圖は電動機の起動に際し、一定時限を以て起動抵抗を短絡するに使用される限時繼電器にして、直流誘導の原理によるものである。新型は線輪巻棒の心に低抵抗の厚身の銅管を入れ、誘導作用によつて此の中に發生される反起電力による電流反作用を利用する如く改良し、これにより工作による時限の誤差は無くなつた。

第4圖はCM型主幹制御器で、二方向に各3ノッチを有する頑丈なカム型主幹制御器である。壓延機の如く非常に頻繁なる操作を行ふものには、摺動接觸子型では損耗が大で満足出来ない。此のCM型主幹制御器に於ては軸に取付けられたカムによつて、個々の開閉器を動作せしめ、開閉器のローラーがカムから外れた時に、發條力によつて閉路される。従つて摩擦による接觸子の損耗は殆んどない。

第5圖のDL型制限開閉器は、回轉型制限開閉器の一種で主幹制御器同様頑丈なカム接觸型のもので、軸には球軸承を使用して居る。其の作動は現場に於て容易に調整出来る様設計されて居る。

制 御 方 式

各種壓延機械に對し使用せられる多數の補助電動機に於て、電動機と同様制御装置に於ても其の標準化に依つて統一する事が、使用者に對して最も重大な事柄である。當社に於ては機械の要求する性能により分類し、これに最も適した制御方式を研究し標準制御方式を決定した。

先づその一般的特徴を述べると、壓延機用として特に開發せる新型制御器具を採用し、苛酷なる使用に對し器具の不確實なる作動を一掃すると共に耐久力を増大した。電磁制御に於ては、加速繼電器として從來一般に使用せられて居た限流加速繼電器では、起動時の負荷狀態の經過に影響を受け、場合によつては起動不能となる惧があるので、限時加速繼電器を使用し、起動抵抗は負荷に關係なく一定時限を以つて順次短絡する方式とした。又電磁制動機の附屬する場合、殊に交流電磁制動機に於ては、閉路の際大なる突入電流が流れると、制動機の動作を敏速にせしめる目的とから、電動機主回路用とは別個に電磁制動機用の電磁接觸器を設けた。

電動機停止に際して可及的速かに停止せしめる必要のある場合、直流電動機に於ては簡単に發電制動を行ひ得るが、交流電動機の場合制動方法として、最も操作が簡單で効果的な逆回轉力制動方式を採用し、電動機二次端子には、周波數の影響を受けぬ特殊電壓繼電器を設けて制動時に於て制動電流制限用抵抗を挿入すると共に、停止後の逆回轉を防止し急速且確實なる停止を行はしめて居る。

起動抵抗器の設計に當つて、起動回轉力及び起動段數は機械の特性や、電動機容量に應じて適當に撰定しなければならぬが、殊に交流電動機に於ては、回轉力特性が直流電動機に比し劣つて居るから、何れかの起動段階に於て、最高回轉力を出さしめる様抵抗器の割り方を定める事が大切である。

標準制御方式の種類、作用及び使用電動機は下記の通りである。

1. 交流電動機標準制御方式 (第1表)

各方式に就て簡単に説明すれば

FN-100方式： 籠型誘導電動機の起動用として、双型開閉器、可熔器、熱働型過負荷繼電器等の保護裝置を備へ押卸或は主幹制御器により、電磁接觸器を開閉して起動、停止を行ふもので、主として油ポンプ電動機、モーターローラー等に使用される。

FN-1000方式： 比較的小容量巻線型電動機用にして可逆制御器により起動、停止、速度制御を行ふものを使用し、一次側電磁接觸器及び保護裝置を備へて居る。

第 1 表 交流電動機標準制御方式

方 式	作 用	使 用 電 動 機
FN-100 方式	起動用	籠型誘導電動機
FN-1000 方式	ドラム形可逆制御用	巻線型誘導電動機
FK-1505 方式	非可逆電磁制御用	同 上
FK-1510 方式	非可逆逆回轉力制動付電磁制御用	同 上
FK-1515 方式	可逆自動逆回轉力制動付電磁制御用	同 上
FK-1530 方式	可逆逆回轉力制動付電磁制御用	同 上
FK-1560 方式	可逆電磁制御用	同 上

第 2 表 直流電動機標準制御方式

方 式	作 用	使 用 電 動 機
DK-9505 方式	非可逆電磁制御用	直巻分巻複巻電動機
DK-9510 方式	非可逆發電制動付電磁制御用	分巻複巻電動機
DK-9515 方式	可逆逆回轉力制動付電磁制御用	直巻分巻複巻電動機
DK-9530 方式	可逆發電制動付電磁制御用	分巻複巻電動機

FK-1505 方式： 非可逆電磁制御の巻線型誘導電動機用にして、主として圧縮機、スキッド コンベヤ 等の起動用として用ひられる。

FK-1510 方式： 非可逆逆回轉力制動付電磁制御用にして、用途は大抵 FK-1505 方式と同様であるが、急速に停止する必要がある場合、主幹制御器を逆方向に入れ逆回轉力制動を行つても差支へなき様、逆回轉力制動に対する保護装置付きのものである。

FK-1515 方式： 可逆自動逆回轉力制動付電磁制御用にして、主幹制御器を 2 ノッチ 以上進めれば、停止の場合自動的に逆回轉力制動がかゝり急速に停止を行ふもので、主としてアプローチテーブル、前後面 テーブル 制御用に適す。

FK-1530 方式： 可逆逆回轉力制動付電磁制御用にして、可逆運転を行ふものに對し、急速停止を必要とする場合。

前記 FK-1510 方式同様逆回轉力制動を行つても差支へなき様、保護装置付きのものである。ロール 壓下、鋼塊操縦用等に適す。

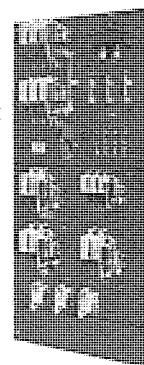
FK-1560 方式： 普通の可逆運転に對して使用せられ交流補助電動機運転用として最も一般的のもので、可逆コンベヤ、スキッド、定寸機、剪斷機等に適す。

2. 直流電動機標準制御方式 (第 2 表)

DK-9505 方式： 非可逆運転用にして、スキッドコンベヤ剪斷機等に適す。

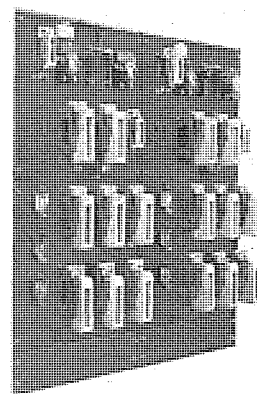
DK-9510 方式： 非可逆運転の分巻、複巻電動機用に使用せられ、停止の場合は發電制動により急速に停止する。リフトテーブル、プッシャー 等に適す。

DK-9515 方式： 可逆運転用にして、急速停止を必要とする場合には、逆回轉力制動がかけられ、且これに對する保護装置付のものである。冷却 テーブル、鋼塊運搬車一般 テーブル 用に適す。



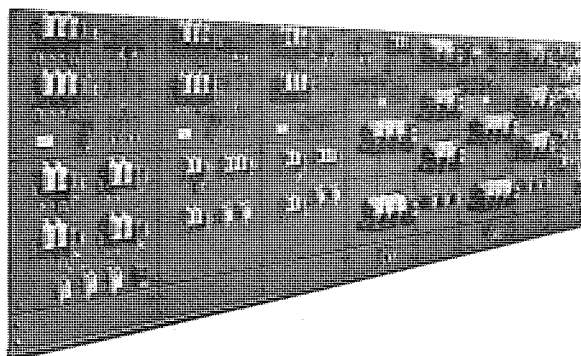
第 6 圖

交流補助電動機制御盤



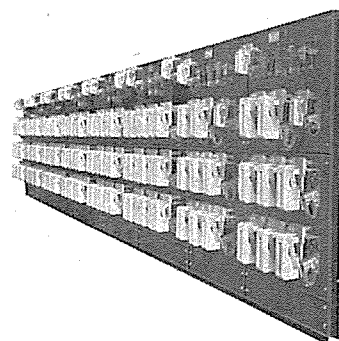
第 7 圖

直流補助電動機制御盤



第 8 圖

交流補助電動機制御盤



第 9 圖

直流補助電動機制御盤

DK-1530 方式： 可逆運転用にして、急速且正確なる停止を常に必要とする運転に使用せられ、停止の際は發電制動に依り停止せしめる。ロール 壓下、鋼塊操縦、前後面主 テーブル 用に適す。

速度調整を必要とし加減速度分巻或は複巻電動機を使用する場合には、界磁回路に界磁繼電器を用いて、弱め界磁にて起動する事を防止すると共に、起動及減速時に於て電動機の界磁電流を調整し、加速、減速を迅速に行はしめて居る。

3. 制御盤の形式

壓延機用補助電動機制御盤は、獨立して設置される事は殆んどなく、大低數面或は數十面並べて設置される故操作上或は外觀上制御盤の高さを統一する事が必要である。制御盤の標準化に際し、最も適當なる高さを擇定してこれに統一し、制御方式及び使用電動機容量の變化に

對しては、總て盤面の幅を變化してこれに應じ且制御器具に對しても、特別の考慮を拂ひ極めて合理的に配置した。

枠組は全部山形鋼に揃へ、裏面の支へは床取付型にも或は壁取付型にも何れにても、都合のよい方に取付換へが出来る様工夫されて居る。

壓延用補助電動機制御裝置として此の外三界磁發電機使用の「ワードレオナード」方式による壓下裝置の制御、或は「ワードレオナード」方式による大剪斷機の制御裝置等目下製作中の特殊のものもあるが、此等は何れも我國に於ては始めて實施せられる制御方式であり極めて注目すべきものであるが、詳細は後日の發表に譲ることとする。

放電管格子制御法の改良

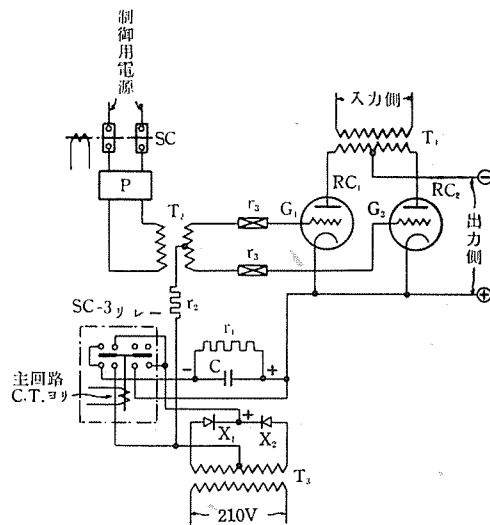
(三菱實用新案登録 第 314648 號)

放電管に於て、格子制御を行ふ目的は二つある。その一は、電壓乃至電源の調整で、他の一は電弧阻止である。

此の二つは、一組の制御格子に依つて行ふのであるが、作用には自ら若干の相違がある。即ち電壓電流調整用としては、比較的格子電流の大なる事を要し、電弧阻止用としては、格子電壓の大なる事が必要である。此の目的の爲には、直流偏倚電壓を二通りにすればよい譯であるが、設備費大となる事を免れない。

本案は斯る缺點を除去して、簡單且効果的に行ふ阻止電壓倍加法とも稱すべきもので、平常格子制御に依り電壓電流を調整する場合は、格子 G_1 、 G_2 は移相器 P 及制御用變壓器 T_2 によりて制御せられ、整流器 X_1 及 X_2 により發生する直流の偏倚を有してゐる。圖中 $SC-3$ は瞬時動作過電流繼電器にして、主回路の $C.T.$ を通じ動作線輪が勵磁されてゐる。

本繼電器は定常狀態では下方接觸を閉ぢてゐるから上記の直流偏倚の役目を果させると同時に、蓄電器 C を充電してゐる。叙上は一般に用ひられる格子制御法と何等異なる所無きも、今主回路に突發的異



常現象を生じたりとせば、 $SC-3$ 繼電器には故障電流が流れ、即時上方接觸へ切替へ、同時に SC リレーも動作して制御電源の供給を斷つのである。 $SC-3$ の上方接觸により今迄充電中の蓄電器 C は、 X_1 及 X_2 と直列の關係に結ばれ、直流偏倚電壓を倍加する事となる。従つて電弧阻止を完全に行ふ事が出来る。此の動作は、瞬時動作の繼電器を以つて行はしむる爲極めて迅速である。又蓄電器 C は、平常整流器の兩端に挿入されてゐるから、濾波器として働きリップルを吸収して、波形を良くする作用があるから不可欠のものである。(中野)

多量生産用 MD-R3 型 堅ボール盤

名古屋製作所 鈴木 修

内 容 梗 概

戦時に於ける機械化兵器整備の要求は、必然的にその多量生産方式採用を餘儀無からしめ、その目的に合致する工作機械の誕生を促す。此處に解説する堅ボール盤はその一例として登場したもので、穿孔能力 25 耗、スイング 600 耗、大きい部品の小さい穴明に適する高能率多量生産用工作機械である。

1. 緒 言

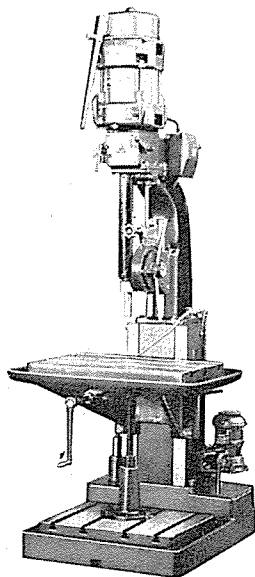
航空機・戦車・自動車其他の機械化兵器の製造工程に於てボール盤加工の占むる地位は従来と雖も非常に重要であつた事は勿論であるが、最近機械化兵器の質的改良及び其の多量生産化の影響を受けて高精度の能率的なボール盤の必要性が切實に感ぜられる様になつた。堅ボール盤の主なる作業は孔明、ネジ立て、リーマ及び孔クリ作業であり従来は殆ど孔明作業のみに使用されて居たが最近堅ボール盤の進歩と共に孔クリ作業又は特殊目的の専用機械にも使用されるやうになつた。従来ラザールボール盤により加工されてゐた作業がかなり堅ボール盤により加工される様になつて來た事も注目すべきである。又相當深い孔を精密に加工するには堅ボール盤の方が精度の上でも又能率の上でも遙かに優れてゐる。之等の條件を考慮して新しく設計された新型の堅ボール盤 MD-R3 型に就いて解説を試みる。

2. 特 徴

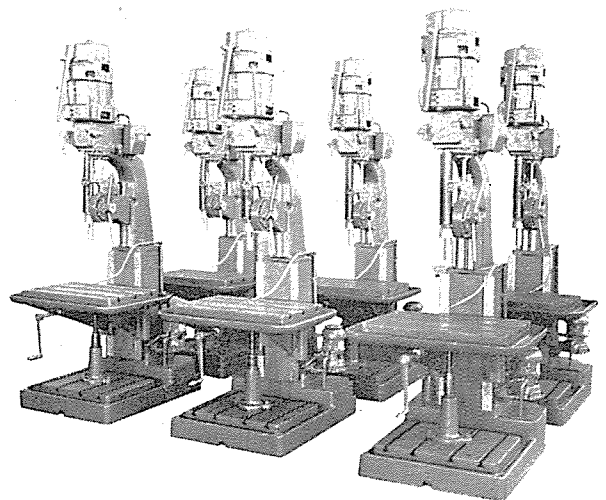
本堅ボール盤は穿孔能力 25 耗(鋼)で多速度誘導電動機を主体とした極めて能率的なボール盤である。スイング 600 耗を有し機台及びテーブルは大型の部品を取付けるために特に堅牢に設計され、大型部品に小さな孔明作業を行ふのに最も適してゐる。従来大型部品の孔明には加工する孔が小さいにもかかはらず適當なるボール盤が無かつた爲に、已むを得ずラザールボール盤によるか又は穿孔能力の大きな大型の堅ボール盤を使用してゐたが、MD-R3 型堅ボール盤は此の問題を簡単に解決するもので能率・精度及び資材の點からも極めて好ましい影響を與へてゐる。

3. 主要性能

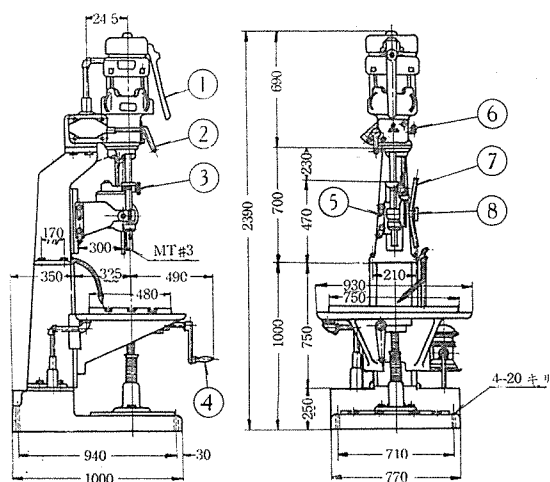
穿孔能力……………25 耗(鋼)、32 耗(鋳鐵)、
スイング……………600 耗
主軸テーパ孔……………モールステーパ No. 3
主軸行程……………175 耗(手動)、120 耗(自動)、



第 1 圖

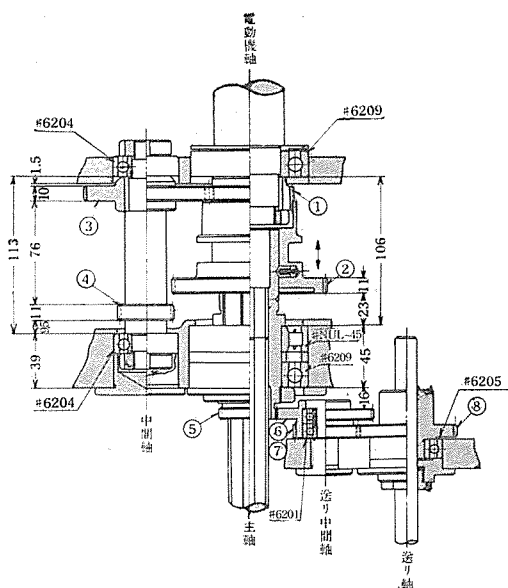
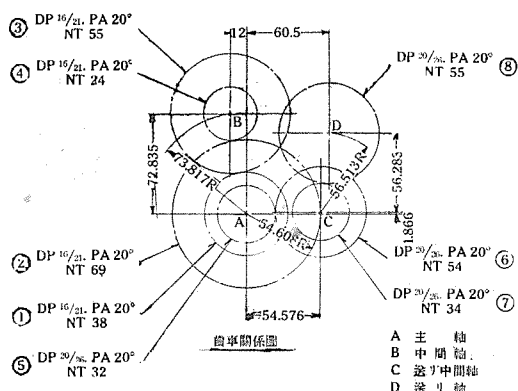


第 2 圖



第3圖

1	速度變換ハンドル	5	締付レバー
2	開閉器レバー	6	齒車切換レバー
3	送り變換ハンドル	7	送りハンドル
4	テーブル用ハンドル	8	送り切換金



主軸速度…8種類 { 毎分 105—1,470 回轉 (200V50~)
毎分 130—1,770 回轉 (220V60~)
主軸自動送り…3種類 1回轉に付 0.14, 0.20, 0.28 耗
テーブル作業面々積…480×750 耗
テーブル行程…510 耗
主軸端より テーブル迄の最大距離…580 耗
主軸端より ベース 迄の最大距離…980 耗
電動機…最大 1馬力 4, 6, 8, 12 極
全体の高さ…2,390 耗
床面積…930×1,000 耗
重量…約 1,000 斤

4. 附 屬 品

(I) 標準附屬品

- (イ) 電動機 最大 1馬力 4, 6, 8, 12 極…1個
- (ロ) 附屬電気装置 ……1組
- (ハ) 給油装置 ……1組
- (ニ) スパナ 類 ……1組
- (ホ) グリースポンプ ……1個

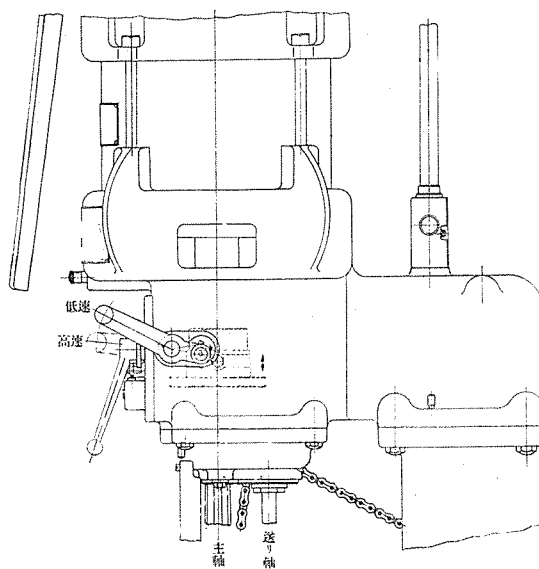
(II) 特別附屬品

- (イ) モールステーパースリーブ… { No. 3—No. 2
No. 3—No. 1
- (ロ) 錐チャック…1/2 吋 (チャック軸モールステーパ No. 3)

5. 構 造

第3圖説明

- ① 速度變換ハンドル ……主軸速度變換用
- ② 開閉器レバー ……主軸回轉方向切換用
- ③ 送り變換ハンドル ……送り變換用



第4圖 主軸速度變換裝置

- ④ テーブル用ハンドル……………テーブル上下用
- ⑤ 締付レバー……………送りブラケット締付用
- ⑥ 歯車切換レバー……………主軸速度バックギヤー用
- ⑦ 送りハンドル……………送り用
- ⑧ 送り切換金……………手動自動送り切換用

(I) ヘッド

ヘッドは一つのユニットを爲し多速度誘導電動機を主体とした簡単堅牢な構造で特別の機合に取付け特殊目的の専用機として使用する事も出来る。スイングは600耗、自動送り装置を装備し相当大型の部品の加工に適するのが特徴である。

(イ) 主軸

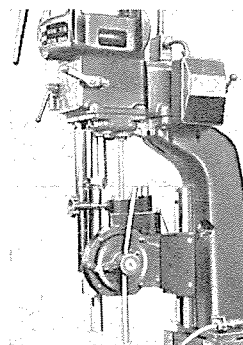
主軸及び送りシリンダーは機械の生命を支配する重要な部分である爲、その設計材料及び工作には特別の注意を拂つてゐる。軸受には精度の高い球軸受を装備し振動少く高速度に於て充分強力切削に耐える様設計されてゐる。

(ロ) 主軸速度變換裝置

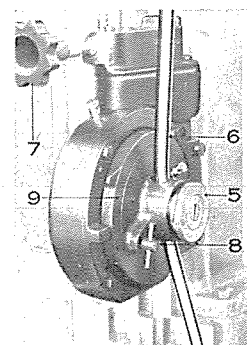
電動機は4, 6, 8, 12 極の多速度誘導電動機で主軸速度は頭部の速度變換ハンドル の操作により電動機の極数を換へて4段に變換され、更に歯車切換レバーによりバックギヤーの掛換へを行ひ8段に變速する事が出来る。バックギヤーの掛外しは開閉器レバーを停止の位置に置き主軸を極めて低速にして後操作せねばならぬ。速度變換レバーの操作は極めて簡単でハンドルの位置は速度銘板により直に主軸回転數を示すやうになつてゐる。主軸の回転方向は歯車箱の左側にある開閉器レバーにより操作され運轉中何れの回転に於ても容易に回転方向を換へる事が出来る。逆轉は主軸の急速な停止又はタッポ立に利用される。

(ハ) 送り装置

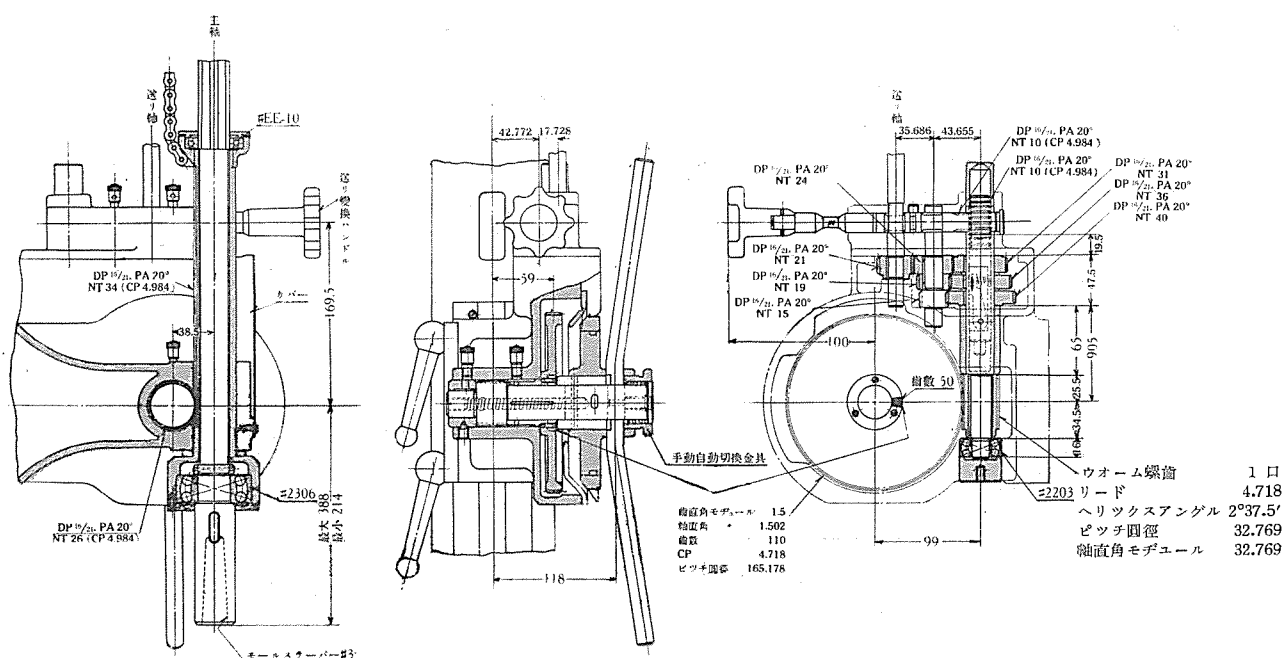
主軸の手動及び自動送り装置はコラムに取付けられた送りブラケットにより行はれ、送りレバー及び送り切換金により操作される。送りブラケットはコラムの摺動面を上下し、作業に應じて適當な位置に調整して後締付レバーを強く締めて使用する。手動及び自動送りの切換へは送り切換金により行はれる。手動送りの場合は送り切換金を右に廻してH印を送りハンドルの位置に合せて使用する。自動送りの場合は送り切換金を逆に廻してA印を送りハンドルの位置に合せて使用し、錐先を加工する品物に當て送りハンドルを強く廻さなければ自動送りがかからない。自動送りの場合には特にこの點に注意せねばならぬ。自動送りの變換は送り變換用の握りを廻轉して握りの柄に記入してある送り量を矢印に合せて1回轉に付0.14, 0.20, 0.28耗の3段に變化する事が出来る。送りの變換は滑りキーによるため運轉中に操作しても支障はない。孔の深さを定めるには(第7圖参照)、豫め送りブラケットの右側のネジ⑧をゆるめて調整輪⑨を左に廻して調整輪の突起をブラケットの突起に當てたまゝ錐を所要の



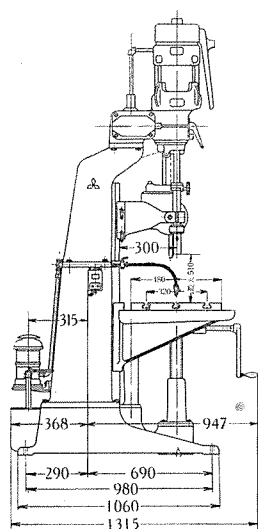
第 6 圖



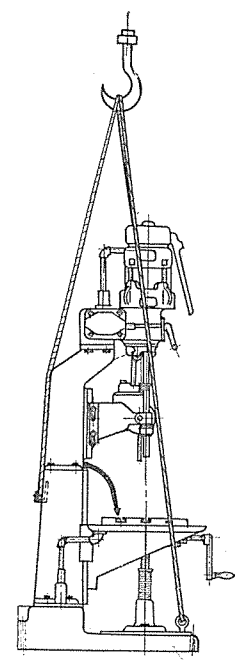
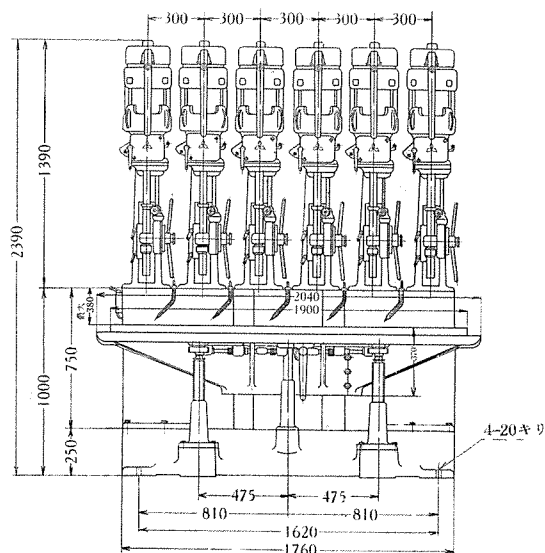
第 7 圖



第 5 圖 主軸自動送り装置



第8圖 MD-6 R 3型 ボール 盤 (應用例)



第9圖 吊上要領

深さまで手で送り、その位置でネジ⑧を固く締め付けておく。自動送り掛をかけた際にはこの突起に当たる位置で自動的に送りが外れ孔の深さを一定にする事が出来る。又自動送りを作業の途中で外したい場合には送りハンドルを手で強く戻せばよい。

(II) 機 台

機台はヘッドのスイング大なる爲之に應じて非常に頑丈に設計されて居り、テーブル作業面々積は480×750耗で大型部品の加工に非常に便利である。テーブルの位置は側面のナットを弛めてテーブル用ハンドルにより調整する。調整後はナットを充分締付けて後作業する。コラムは箱型で精度高く強力切削に耐へる事が出来る。切削給油装置には當社製の電動油ポンプを使用しコラムの下ベースが油槽の動きを爲し完全な給油が行はれる。電動機及び附屬電気装置は總べて當社製品を使用し、工作機械の性能を充分活かす様に特別の注意を拂つて居る。

6. 形式種類

MD-R 3型堅ボール盤は主軸行程及び主軸端の形式により次の3種類に分ける事が出来る。

形 式	仕 様	摘 要
MD-R ₃ -11	行程標準、主軸端標準	標 準
MD-R ₃ -21	行程 50 耗延長、主軸端標準	特 殊
MD-R ₃ -31	行程標準、主軸端早換チャック式	特 殊

行程延長及び早換チャック式のものは特別の要求により製作するもので加工部品について充分検討が必要である。早換チャック式のものは孔クリ作業其他に應用すれば非常に便利である。

7. 使用上の注意

先づオイルカップ、グリースカップ、其他必要なる滑り面に充分給油する。バックギヤの齒車箱及び主軸用軸受箱にはグリースが充填してあるから少くとも年に數回はグリースの補充又は取換へを行ふ必要がある。テーブル及び送りブラケットの位置は加工部品の大きさ並に作業者の体格に應じて適當に調整する必要があるが、調整後はレバー及びナットを充分締付けて使用しなければならない。機械の据付け又は他の理由で機械の移動を要する時には第9圖の吊上要領にあるやうにコラムの後部のベースの左右の端にロープを掛けて吊ればよい。ヘッドにロープを掛ける事は絶対に避けなければならない。

8. 結 言

以上がMD-R3型堅ボール盤の構造及び使用法についての簡單なる説明である。本機は某方面の御要求に基き新しく設計製作したものでその性能については不斷の研究と改良とを加へ更に優秀なる製品を製作すべく努力して居る次第である。