



# 三菱電機

第18卷 昭和17年9月 第9號

## 内 容 目 次

11,000 kVA 水素冷却タービン発電機	井上・岩瀬	266
自動捕速装置及自動同期装置	尾 烟	277
圧縮空氣吹付交流遮断器	浅井・志賀	284
硼珪酸硝子の光彈性常数	菅 野	286
水性瓦斯發生爐自動制御装置	宗 村	289
水冷式冷凍機とその應用	河 合	292

三菱電機株式會社

# 三菱電機

第十八卷

昭和十七年九月

第九號

## 11,000kVA 水素冷却 タービン 発電機

長崎製作所

井上八郎右衛門

岩橋歸一

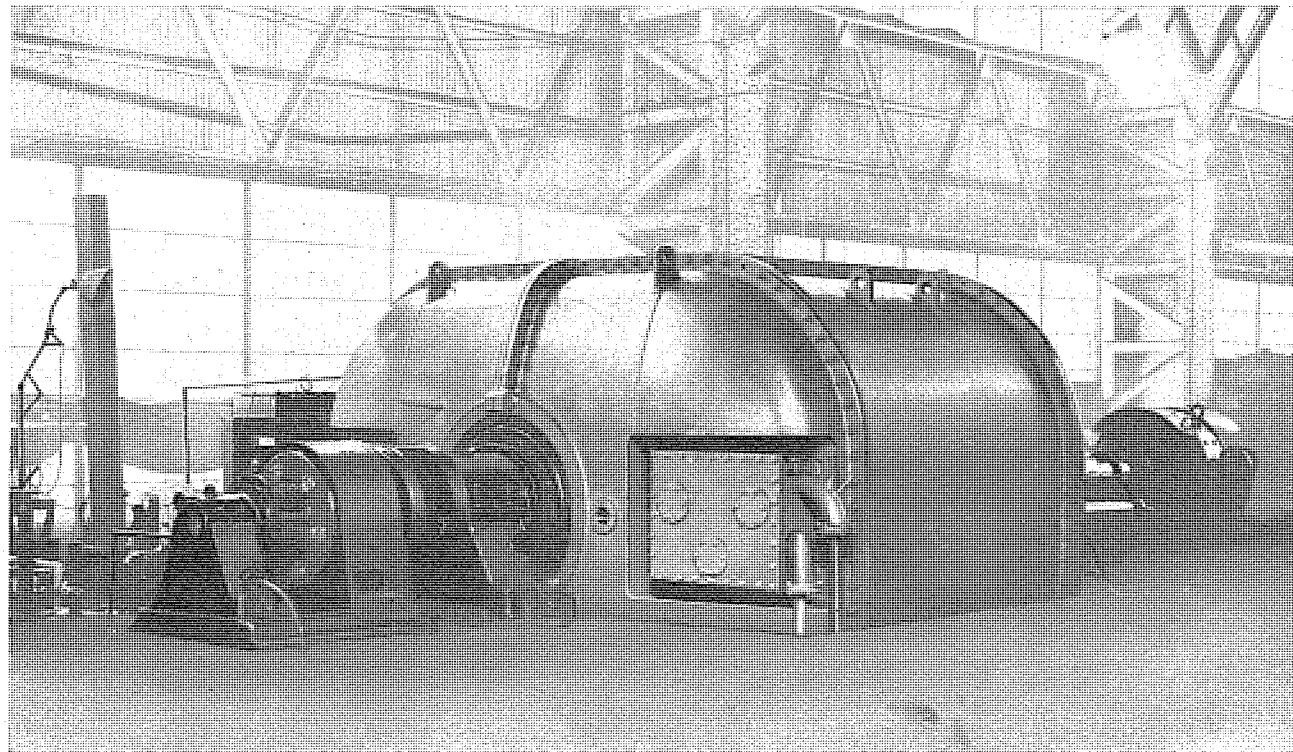
### 内 容 梗 概

タービン発電機に水素冷却を採用するに到つた歴史及び水素冷却の特性に就て略述し、次で今回完成した 11,000 kVA 水素冷却 タービン 発電機の構造、その附屬品である瓦斯制御装置、油制御装置及び警報装置を述べ、終りに本機の温度上昇及び損失等を水素冷却と空氣冷却とに就て比較検討し尙水素の消費量及び純度保持等の問題を述べてゐる。

### 1. 緒 言

タービン発電機界に於ける最近の進歩の一大成果は水素冷却の採用である。獨逸の頭脳と米國の資本とがこの割的研究を完成し、遂に米國に於ては 25,000kW 以上のタービン発電機を水素冷却を以て標準とする域に迄到達せしめた。當社に於ても夙に之が研究に着手してゐたが今日その第一台目である本機が完成し、去る 5 月御註文主

を始め電氣廳及び日本發送電會社等より御立會の上諸試験を完了したものである。殊特部分の材料、部分品等に就ては支那事變下の工業界に於ける幾多の困難と戰ひつゝ研究を續け、純日本式水素冷却發電機の完成に努力して來たのである。而も本機は單なる實驗室的存在ではなく實際に發電所で使用出来る様諸種の補機類を一切完備した實用的規模のものである。併し外國では數萬キロのものが運轉してゐる今日本機の如きは敢へて珍とするに



第 1 圖

足らずとは言へ、我國に於ける最初の機械として廣く讀者の御参考ともなれば幸である。日進月歩の今日尙進んで研究すべき點が多く残されては居るが、一應本機の今日迄の諸試験の結果を報告せんとするものである。

本機は水素冷却として 11,000 kVA 空氣冷却として 8,750 kVA の出力を持つ様に設計され、力率 80%，電壓 3,500 V, 60 サイクル, 3,600 r.p.m. で使用されるものである。

## 2. 発達の歴史

回轉電氣機械を水素中で運轉することを最初に特許を取つたのは 1915 年獨逸の Neumülen の Anschütz & CO. であつた。この考が米國に輸入されて新しい特許となつたのが 1923 年であつて、當時 GE 社では W. R. Whitney 等が 1920 年頃から研究を始めた。最初の着想は獨逸で生れたにも拘らず、歐洲は 50 サイクルである爲 2 極大容量のものが空氣冷却で出来るので、差迫つて進歩を急ぐ必要は無かつたが、米國では 60 サイクルであつた爲、2 極機の最大容量は精々 30,000 kW 程度であつた。この定格を上げるにはどうしても水素冷却に依らねばならぬ。而も火力が基礎負荷である米國ではどうしても水素冷却を急ぎ開発する事が有利となつた。之がその豊かな資材と相俟つて一大飛躍を遂げたのである。

斯くの如く水素を用ふる事の利點は明かであつたが、之を實際に用ふるには爆發に對する安全を考へねばならぬ。從つて先づ構造の簡単な調相機に利用する事が實現され、1923 年には 12,500 kVA の調相機が市場に出る事になつた。然るにタービン發電機に於てはタービン或は勵磁機との間の軸貫通部からのガス漏れを止める爲に更に數年間研究を要したので、初めて水素冷却 タービン發電機が市場に出たのは調相機より後れる事約 10 年の 1933 年であつた。其の後米國では急速の進歩をなし遂に 1938 年には 25,000kW 以上のタービン發電機は水素冷却を以て標準とするに到つた。

然るに我が國では水主火從の關係上火力發電機が基礎負荷を取る事少く、從つて之に有利な水素冷却の發達も多少後れてゐたが、昭和 12, 13 年頃より各社に於ても研究に取掛る事となつた。他方水素冷却に用ふる附屬品も米國では樂々と市場品が入手出来るのに我國では之が出来ず、特殊なものを得やうとしても日支事變勃發等の爲新品開發に手をつける所がなく、簡単な部品や材料でも入手が甚だ困難となる等の事があつて、どうしても進歩の速度が鈍り勝ちであつた。之等の困難を克服して茲に本機が完成した事は戰時下日本電機界の大きな誇と言はねばならぬ。

## 3. 水素冷却の特性

發電機の冷却媒体として水素が用ひられるのは冷却効果及び損失の點である。今類似ガスの諸性質を空氣と比較すれば次表の様になる。

	空氣	窒素	炭酸ガス	アムモニア	水素	ヘリウム	メタン
熱傳導率	1	1.08	0.638	0.868	6.69	6.4	1.29
密度	1	0.966	1.52	0.588	0.0656	0.1378	0.554
比熱	1	1.046	0.848	2.185	14.35	5.25	2.455
熱容量	1	1.02	1.29	1.282	0.996	0.72	1.38
熱傳達率	1	1.03	1.132	1.228	1.51	1.18	1.43

これらの性質より水素冷却の利點としては次の諸項が挙げられる。

- (ア) 密度が小いので通風損及び表面摩擦損等の機械損が減少して發電機の能率が全負荷に於て約 0.6% 以上向上する。
- (イ) 熱傳導率及び表面熱傳達率が大きいので發電機の溫度上昇が少くなる。
- (ウ) 冷却効果が大であるから有効材料の單位重量當りの出力が増加する。
- (エ) 損失が減じ溫度上昇が少くなるので、水素冷却にすれば空氣冷却では出來なかつた大容量のものが出来る。

この利點は特に 2 極機に於て顯著となる。

- (オ) 水素は不燃性であるから内部に火を發しても延焼する事がない。
- (カ) 運轉中騒音が少ないので運轉員の疲勞が少い。
- (キ) 酸素が無いので絶縁物や潤滑油等の劣化が少い
- (ク) コロナ發生が少く絶縁物に侵蝕作用や化學作用が起らぬので絶縁物の壽命が増す。
- (ケ) 刷子の壽命が長い。
- (コ) 熱傳達率が大きくなるのでガス冷却器が小さくなり。又冷却器を機枠内に入れるので基礎の構造が簡単となる。
- (サ) 建築費等を減ずる爲め屋外型にするのに便利である。之等諸種の利點があるが他方次の欠點がある

(ア) 水素と空氣との混合ガスに於ては水素の純度が

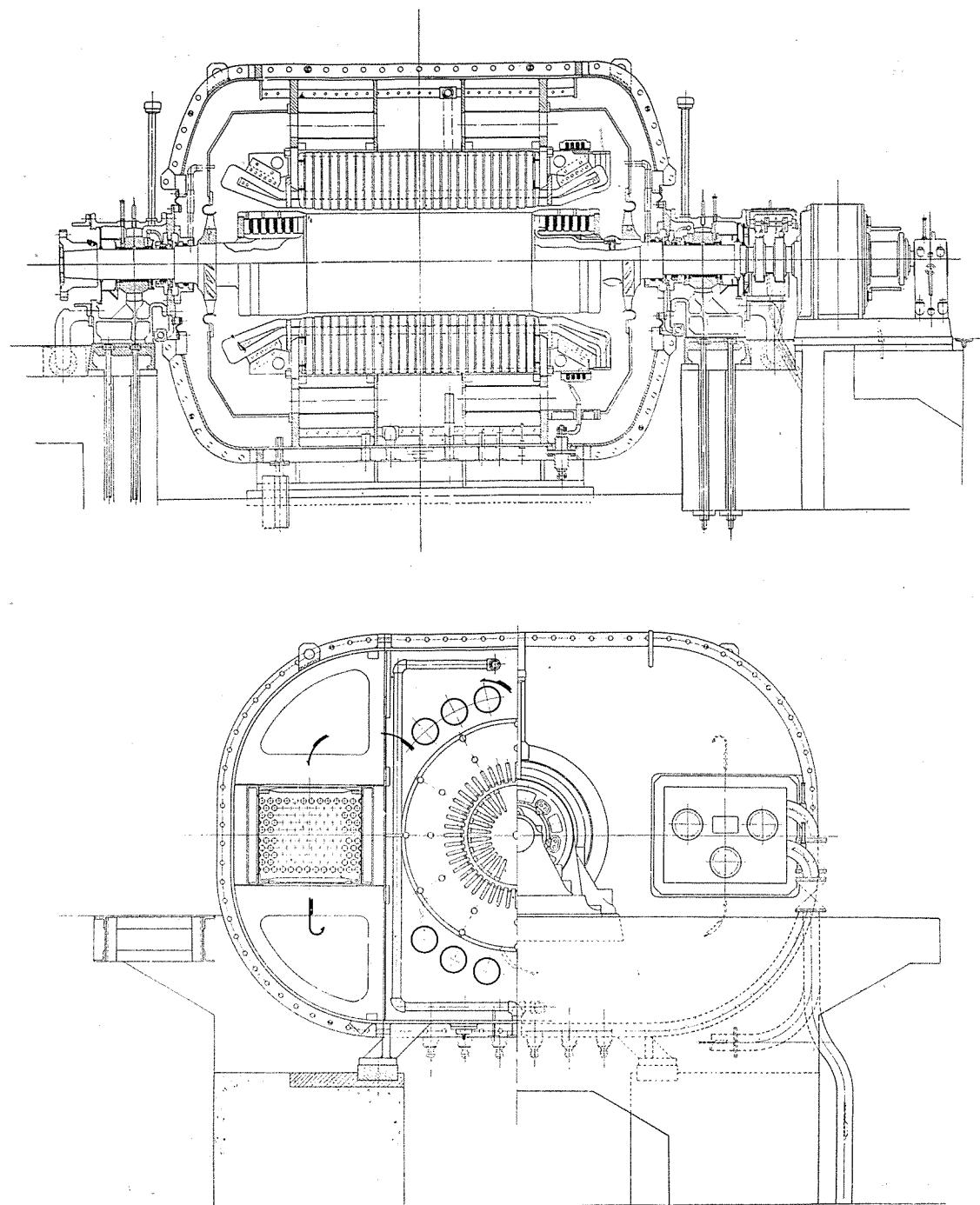
下れば爆發可能の状態に入る。

併しかる混合比になれば必ず爆發が起ると言ふのでは無く、此處に何かの發火現象が起つた時或混合比では緩慢な燃焼が起り、或混合比では爆發が起ると言ふのである。之に對して種々の安全裝置を附してあるが尙萬一の場合を考へて耐爆構造にする必要がある。

- (イ) 機内の水素が漏れた場合には補給する必要がある。而してこの水素は空氣と異り有料であるから極力その漏れを少くする様に氣密構造を嚴重にしなければならぬ。
- (ウ) 耐爆構造やガス安全裝置や氣密裝置等の爲電氣的磁氣的有効材料は減じても他の附加工事が増するので製作費は割高となる。

## 4. 発電機の構造

第 1 圖は工場試験中の本機の外觀で第 2 圖はその斷面



第 2 圖

圖である。本機は水素冷却を採用する爲次の諸點が特に考慮されてゐる。

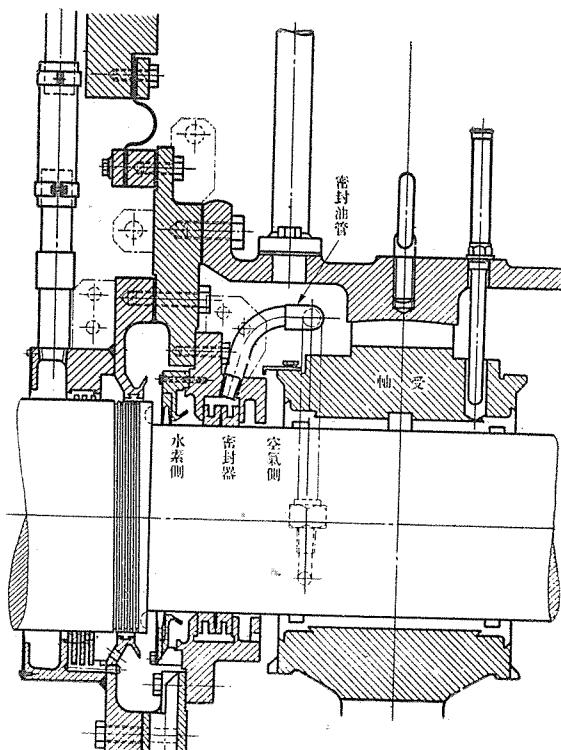
#### (ア) 固定子枠を耐爆構造としてゐる事

水素と空氣との混合ガスの爆發可能な範囲は水素の純度が約 10% から約 70% の間である。その時に発生する壓力は着火状態、着火場所、純度等によつて異なるが、発電機の場合に於ては大約  $6 \text{ kg/cm}^2$  程度であるから、外枠は  $7 \text{ kg/cm}^2$  を目標に設計されてゐる。實際の場合には後に述べるガス制御装置によつて機内の壓力を大氣壓より幾分高くして空氣の侵入を防ぐと共に、ガスはこの危険範囲より遙かに離れた點で警報し保護されてゐる

ので安全ではあるが、機械としては豫期出来ない故障の場合を考へて、空氣冷却の場合より遙かに厚い鐵板が用ひられてゐる。尙この爆發に對しては外枠は圓筒形で端面は鐘形であるのが最も強い形であるが、本機は増設機である爲、基礎起重機、建物及び取扱等の關係上之を細分する必要があるので、理論的の圓筒状とはせずに中央の鐵心部と兩脇の冷却器部分とに 3 分されてゐる。

#### (イ) 氣密の嚴重な事

回轉子軸が端面を貫く部分には内部の水素が逃げない様及び外氣が侵入して内部のガスを汚さぬ様に特殊の密封器を取付けてゐる。第 3 圖にはこの密封器取付部分



第3圖

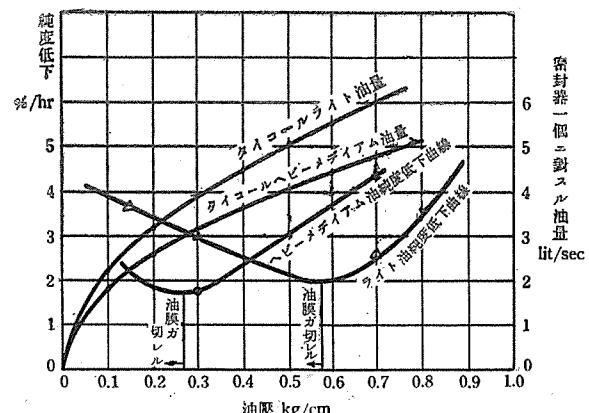
を示したものである。之は軸の廻りに浮遊状に配置された環を有し、この環の外側は油室を形成してゐる。この油室に入つた油がこの密封環の隙間から内部に出て軸と環との間に油膜を作り、この油膜に依つて氣密を保つてゐる。この油膜及び純度保持の状態は油の性質や油圧に關係するもので、その一例は第4圖に示す如くである。尙外枠は耐圧のみならず、ガス漏れがないやうに入念に作つてある。即ちガス漏れの弱點である熔接部分は製作の途中に於て第5圖に示す様に充分な検査をして漏れを止める枠と端面ひ其の他の熔接部のパッキンは特に嚴重にしてゐる。パッキンは單に内圧による一時の試験に耐へるのみならず、パッキン接着剤の良否は、後日鐵部分を腐蝕してガス漏れの原因となるものであるから豫め接着剤に就ても充分な研究を必要とする。第6圖はこの接着剤による鐵の腐蝕試験の一例である。

#### (ウ) ガス冷却器が機枠内に納められてゐる事

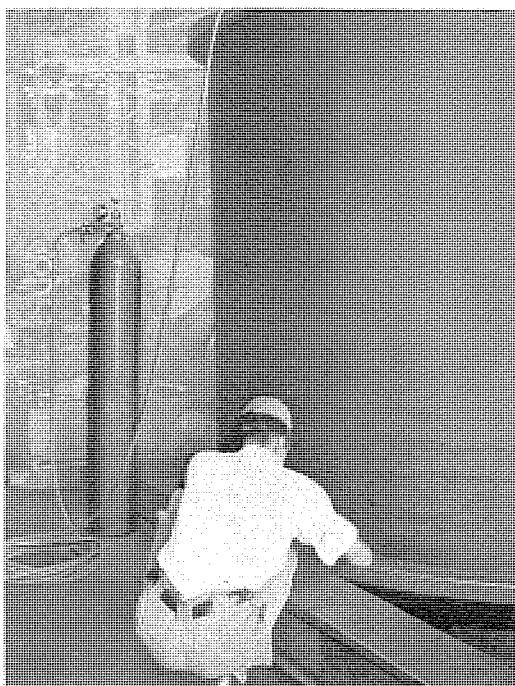
空氣冷却の場合は一般に空氣冷却器は基礎内に設置されてゐるが、水素冷却器は機械全体を耐爆式にするためと、ガス漏れを防ぐために冷却器は機械の枠内に自藏されてゐる。従つて空氣冷却器に相當する部分は他の目的に利用する事が出来ると共に基礎の構造が簡単になる。

#### 5. ガス制御装置

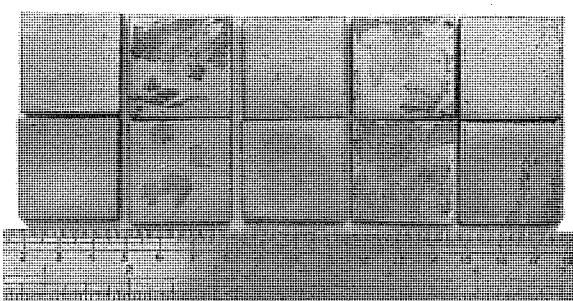
ガス制御装置の主なる目的は水素を危険な混合ガス状態に置かぬ様にする事であつて、平常は自動的に純度を95%以上に保たしめ、最悪の場合でも90%迄下れば警報を發する様になつてゐる。従つて混合ガスが化合し得るのは純度70%位からであるから、警報點と危険點と



第4圖



第5圖

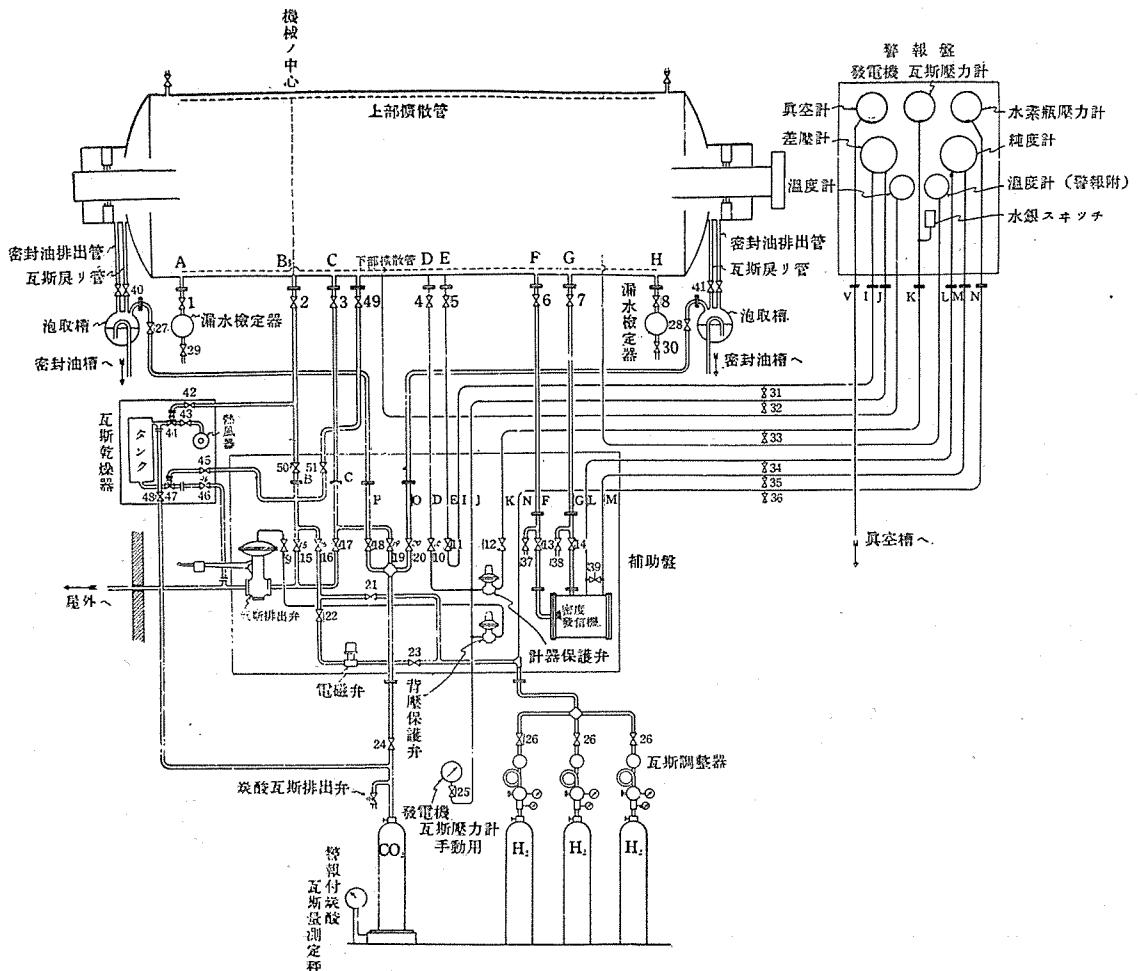


第6圖

の間には充分な餘裕が取つてある。このため第7圖の様な配管は備へてゐる。

#### 5.1 制御用器具類

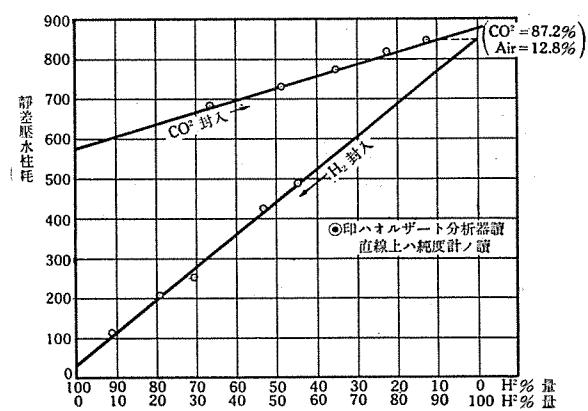
この装置に含まれる主な部分品はガス瓶、密度計、電磁弁、自動排出弁及び圧力計等である。密度計としては電気式と機械式とを取付けてゐる。機械式密度計は密度発信器と圧力計とより成る。発信器は一種の昇壓煽風輪であつて、機内のガスの一部分を取出して耐爆式に密封



### 第 7 圖

された筒の中で電動煽風器を廻はして水素に壓力差を起させ、この壓力差を壓力計で讀む。然る時はこゝに發生される壓力差は内部のガスの密度に比例する。従つてこの壓力差を讀めばガスの密度を知る事が出来る。又混合ガスは大体空氣と水素とであるからこの密度が判れば純度も判る。計器としてはこの壓力計を水素の純度で目盛つてある。純水素の密度は空氣の7%であり、炭酸ガスのそれは140%であるため、この計器は1箇で0~140%の読みが取れる様になつてゐる。他方電氣式のものは密度或は純度の變化に依る熱傳導率を應用したもので、之では1箇で0~140%の廣範囲に讀めない不便があるので、2段又は3段に切替へて使ふのであるが、本機には機械式のものも付いてゐるので電氣式のものは水素の平常運轉に便利な點だけ讀める目盛を施してゐる。機械式の方は構造が頑丈であるので發電所用には適當してゐることが特徴である。本器の読みをオルザート化學分析器の結果と比較すれば第8圖の様になり、發電所用としては充分の信頼度を有するものである。第9圖はこの密發信器を取付けた所を示す。

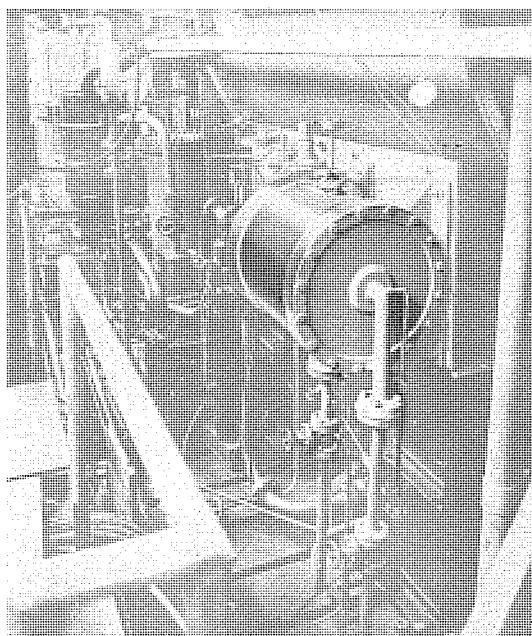
電磁弁は平常運轉の時自動的に水素を補給して内部ガスの純度を保持するものである。之は内部ガスの圧力計に附屬した水銀スイッチに依つて圧力が或値以下に下



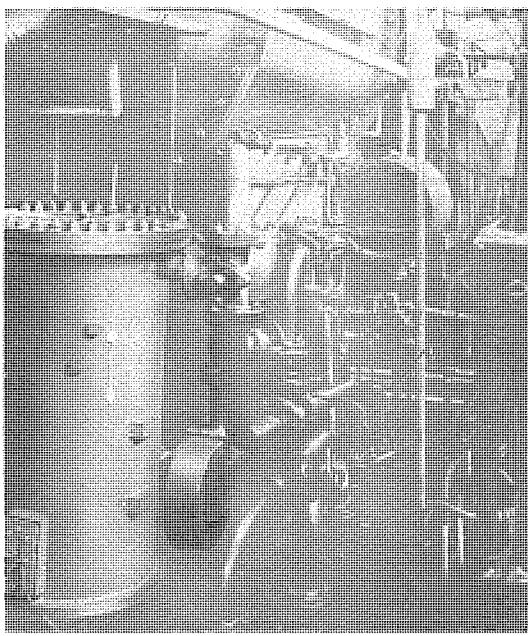
### 第 8 圖

つた時に弁を開く様になつてゐる。若し内部ガス圧が何かの原因で豫定値以上に昇れば自動排出弁で屋外に排出され以て機内のガス圧を一定に保つ様になつてゐる。

水素ガスは水素製造所から高圧瓶に入つたものを購入する。起動及び開放の場合には多數の瓶を要するので、その場合は特に之等を一時このガス管系に接続する様になつてゐて、平常は自動補給用の2本又は3本の瓶のみが管系に接続されてゐる。入替の場合に要する多數のガス瓶は購入するか、或は借用するかの方法が採られて



第 9 圖



第 10 圖

る。

この他密度計の確めとなるべき内部送風機の発生する差圧を示す差圧計、密封油又は水素瓶から持込まれる水分を除去するためのガス乾燥器等がある。

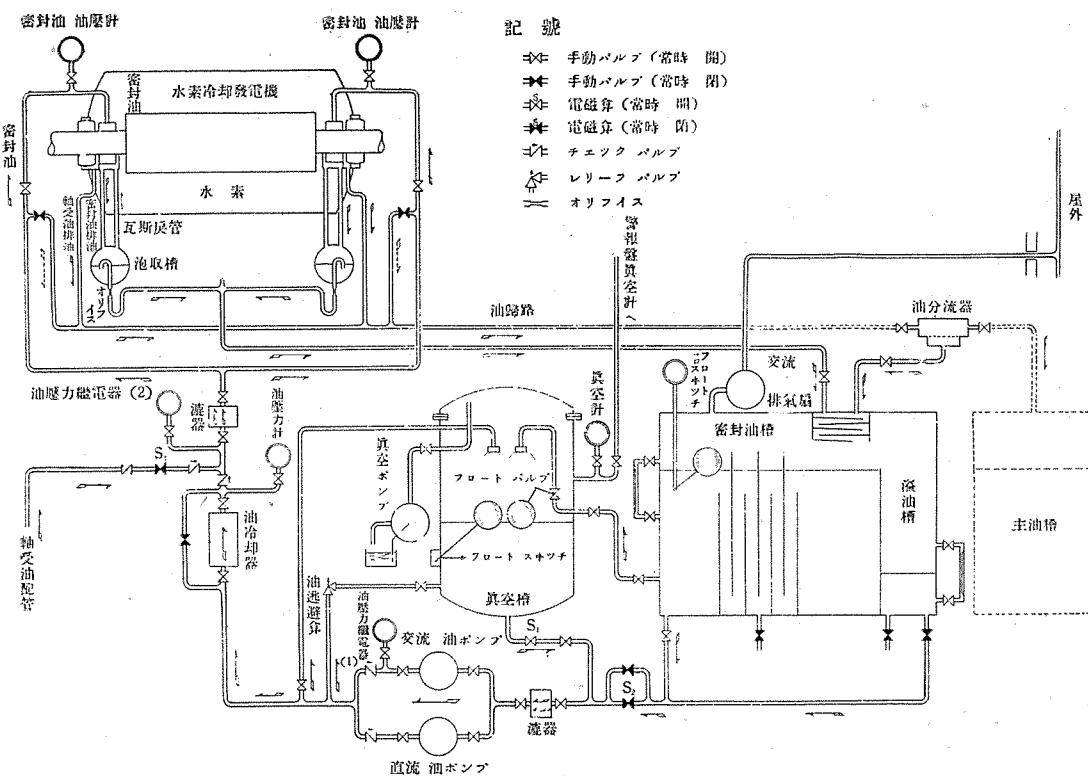
### 5.2 ガス入替及び封入の操作

水素を封入するに當つては水素と空気とが直接に接觸して危険な混合ガス状態となる事を避けるための入替方法に直接法と間接法がある。直接法では先づ機内の空気を真空ポンプで吸出し内部の空気量が減つた時に水素を入れる方法である。間接法は空気と水素との間に中間ガスとして水素と混つて危険混合ガスを作らぬガスを用ふる方法で、このガスとしては窒素や炭酸ガス等が考へられるが工業的には炭酸ガスが用ひられる。この炭酸ガスは餘分な費用になる様に思はれるが發電所としては一般に變壓器室、母線室等に消火装置として備へられてゐるものであるから或程度之を利用する事も出来るので費用としては特に大きな事柄となる程の事でもない。直接法では炭酸ガスは要らないが却つて大きな真空ポンプを設置しなければならぬ事と、この時特にこの真空中に耐える様な密封装置を施さねばならぬ不利がある。間接法では炭酸ガスは要るが之を用ふれば運轉中にも入替が出来る便利がある。真空にすれば熱の傳導が無くなるため電圧を出したり負荷を掛けたりした儘で操作する事は出来ない。間接法では故障が起つても運轉の連續性を阻害する事がないので、一般にはこの方法が採用される。この場合には炭酸ガスを手動操作に依り機枠の下部の擴散管より導入する。然らば空気は軽いから押上げられて上部擴散管から機外に押出される。而して炭酸ガスの純度が 80% 以上になれば切替へて水素を上部擴散管から導入する。然らば炭酸ガスは押下げられて下部擴散管から機外に排出されるので水素の純度が 95% 以上になつた

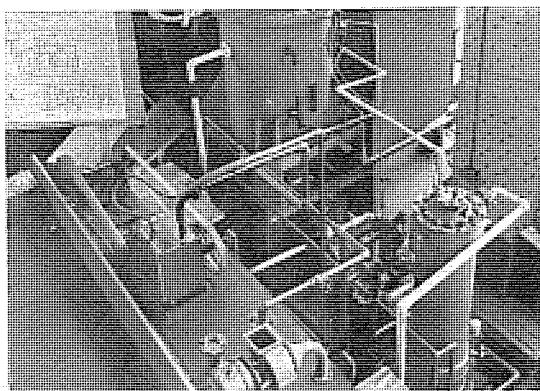
ら止める。この場合上部下部の擴散管を用ひて兩ガスの密度の差を利用したのは、兩ガスがなるだけ混合しない様にしてガスの消費量を少くするためである。この場合の機内の壓力、ガス瓶の壓力流量及び操作員の巧拙は入替用ガスの消費量に關係する。水素が充分詰れば管系を運轉側に切替る。次に開放の場合は先づ炭酸ガスを入れて水素を追出し更に壓搾空気があれば之で炭酸ガスを追出せばよいが、無ければ自然に放出させてもよい。尙最初炭酸ガスで空気を追出す場合には單に發電機本体のみならず、之と連絡してゐる泡取槽、乾燥器其他總べての管系のガスを入替へる必要がある。

### 6. 油制御装置

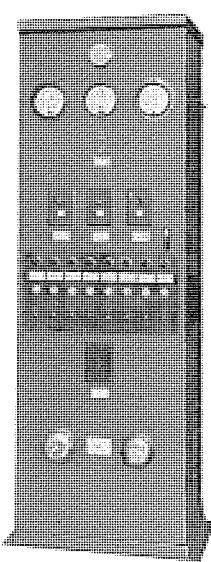
密封油は單に機内のガスを密封するのみならず、この油の純否はガス純度の保持に大きな關係を持つものである。依つて特殊な油制御装置を設けて、常に油を純化してゐる。尙空氣冷却と異りこの密封油は機械停止の時と雖も水素を封入してゐる以上は瞬時も停止する事は出来ぬ重要なものである。第 11 圖はこの装置の管系圖である。この装置に属する主なる機器は真空槽、密封油槽、泡取槽、油ポンプ及び油冷却器等である。密封油槽には油棚及び隔壁があつて油を徐々に進行させ、其の間に油に含んでゐる空氣を次第に分離させる。分離された空氣は排氣扇に依つて油槽外に排外される。真空槽は油制御の最も重要な部分であつて、槽内は何時も真空ポンプに依つて 700 粕以上の真空に保たれてゐる。先づ密封油槽から吸出された油は噴霧状となつて真空槽に入り、滴下する間に空氣を分離する。真空槽の油は油ポンプに依つて吸出されその一部分は再び此處に吸ひ込まれ噴霧状となつて残りの空氣を分離する。從つて密封油の一部は真空槽とポンプとの間を循環して常に脱氣純化されてゐる。



第 11 圖



第 12 圖

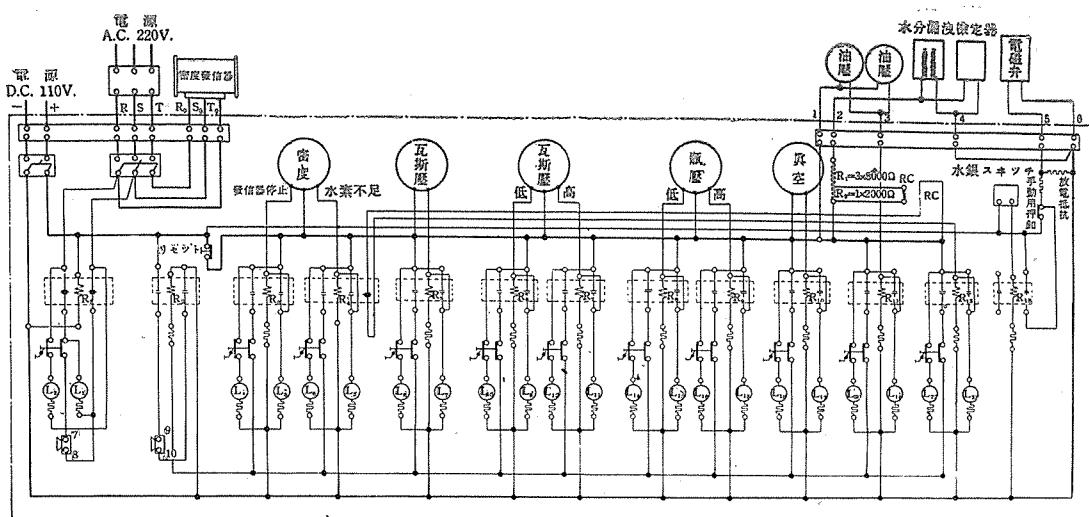


第 13 圖

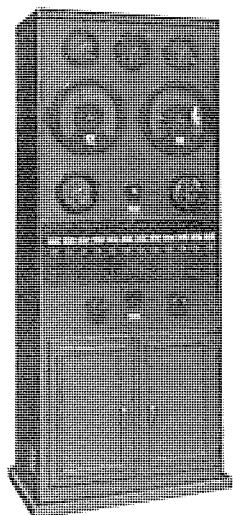
油ポンプは常時交流電動機に依つて運転されてゐるが、線路の故障に備へ蓄電池から運転される直流電動ポンプをも備へてゐる。油ポンプを出た油は油濾器及び油冷却器を経て密封器に供給される。密封器に入つた油は水素側と空氣側とに分れて出る。水素側即ち機内に入つた油は機内の水素を吸着して出るので、一應泡取槽に入れられる。油は此處で徐々に動く間に吸着して來た水素を分離するので之を再び機内に戻す。泡取槽を出た油は機内のガス圧に耐へる適當なトラップを通つて密封油槽に歸る。密封器から空氣側に出た油は普通の軸受油と一緒になつて、軸受油槽に歸る。かくする時は密封油管系の油が次第に減るので空氣側に出ただけは油戻管に設けられた油分路弁により密封油槽内に返へされる。真空槽が故障の場合には密封油槽から直接油ポンプに吸はれ、油ポンプ或は電源共に故障の場合には一般の軸受油管系から戻し弁によつて自動的に供給されるやうになつてゐる併しタービン停止の場合電源やポン等に故障が起つた場合には高所に設けられた圧油槽から給油される。斯くの如くこの油は瞬時も停止することの出来ないものであるから種々の安全装置が講じてある。第 12 圖は油装置を示し第 13 圖は油関係の制御盤である尙第 9, 10, 12 圖では之等の機器を結ぶ配管が如何にも複雑な様に見えるが、之は場所の都合と諸計測の都合によるもので、現場では之等の補機類は一つの補機盤に纏めて整然と取付けられるので、操作は簡易明瞭である。

## 7. 警報装置

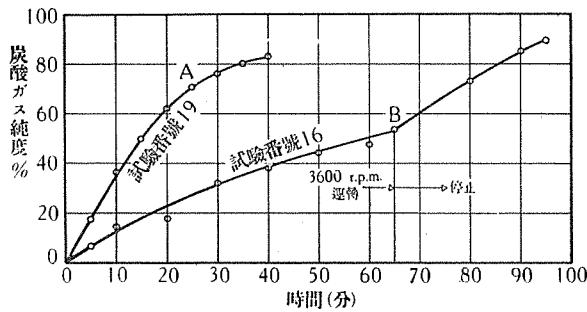
前記のガス装置、油装置及び機械本体に對しては、萬



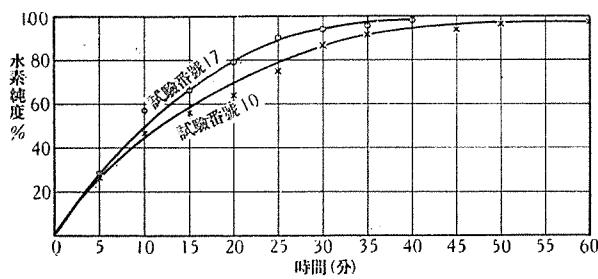
第 14 圖



第 15 圖



第 16 圖

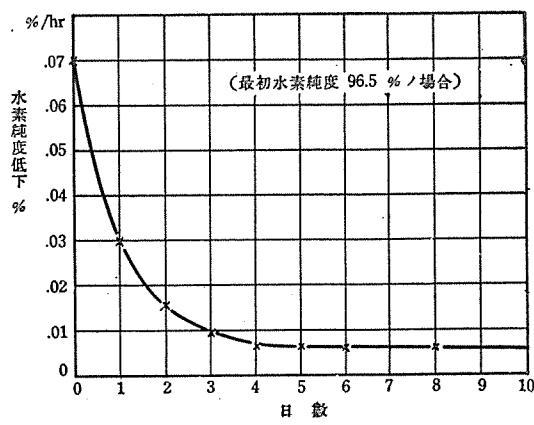


第 17 圖

一の場合を考慮して必要な警報装置を設け、之を一纏にして警報盤に納め運転の安全を期してゐる。第 14 圖は警報回路圖で第 15 圖は警報盤を示す。警報の主なるものは次の様である。密度が高くなつた場合即ち空気が浸入した場合と密度發信が停止した場合で之は發信器用の交流電源に故障があつても發信器の昇壓翼に故障があつても警報する。次はガスの溫度、機内のガスの壓力の高低、ガス瓶の壓力の高低即ちガスが使ひ盡くされて空になつた場合等、真空槽の真空度、密封器の油壓、ガス冷却器の水漏れ、及び操作電源自身の故障等を警報する。尙ガス冷却器が機枠内に自藏されてゐるので、水漏れがあれば空氣冷却の場合より被害が大きくなる。従つて本機には機械式と電氣式との漏水検定器を取付けてゐる。電氣式のものは既に空氣冷却器にも使用されてゐるもので三菱長崎造船所の考案に依り、通風路内の湿度が増した時警報を發する様になつてゐるので、少しの水漏れをも検出する事が出来る。機械式のものは或程度水が溜つた時警報を發するものである。

### 8. 試験の結果

茲に報告するのは去る 5 月の立會試験の結果であつて、



第 18 圖

實負荷を掛けた場合の結果は後日現場運轉終了後に譲ることとする。

### 8.1 ガス入替及び封入

本試験に於ては炭酸ガスを用ひる間接法に依つて入替を行つた。第16圖は炭酸ガスで空氣を追出す時の純度時間曲線の一例である。圖でA曲線は停止のまゝで入れB曲線の前半は運轉中に入替へた場合である。曲線で判る様に運轉中に入替へれば擴散が大となるから、排出ガス中にも相當量の炭酸ガスが含まれてゐるので、純度上昇度は遅くなる。停止で入替へれば1時間以内で所要の純度が得られる。次に水素を封入する時の純度時間曲線は第17圖の様になる。この操作が終れば運轉状態に入ることが出来る。此の場合一度98%迄上つた純度はそのまゝにしておいても第18圖純度馴染曲線の様に急に下降して落着く。之は通風溝、絶縁物の内部や枠の隅々に残つてゐた炭酸ガスが次第に水素と混合し馴染んで來るからである。次に開放の場合の炭配ガス封入の純度時間曲線の一例は第19圖の機である、之も前半は運轉中後半は停止中の例である。

以上のガス封入に要する水素量は完全擴散の假定の下に計算すれば機内の空間の体積の約3倍を要する事になるが實際の場合は2~2.5倍で済んだ。之は炭酸ガスに就ても略同様であつた。ガス入替に要するガス量は封入圧力、封入量の割合、擴散度等に依つて大に異つて来る。この試験に於て封入圧力、機内の圧力、封入排出の操作封入ガスの流速等を種々變化して試験したが、其の結果を総合すると大略次の事が言へる。

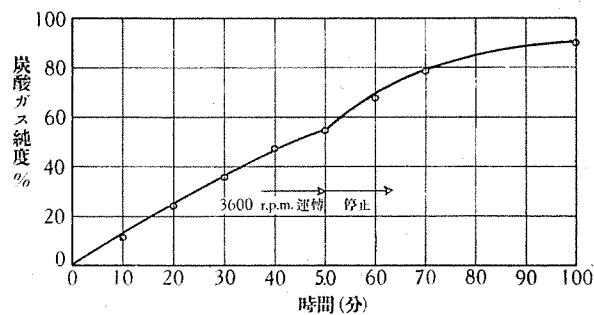
(ア) 停止の場合の封入は水素及び炭酸ガス共に最初は比較的緩かに送入し、徐々に封入量を増して行き最終純度近くに思ひ切つて封入量を増す方が能率的である。

(イ) 回転中封入の場合は停止の場合より封入量の割合を増し、最初より最終純度近く迄一様に封入し、最終純度近くより一段と増す方が能率的である。

(ウ) 封入操作の途中、排出と封入とを同じ割合にする均齊封入とせず段階的封入とした方が純度上昇率はよい。

### 8.2 損失の減少

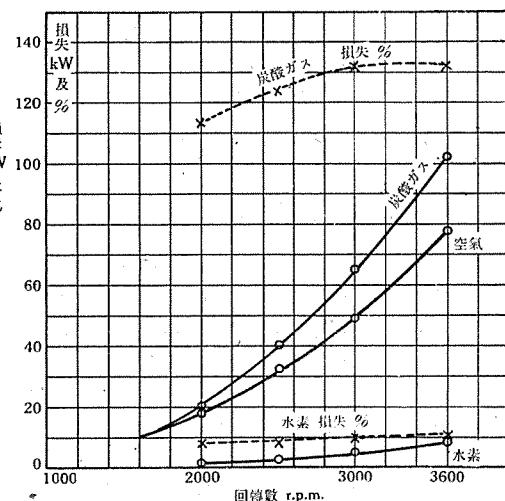
水素冷却を採用する事の大きな利點の一つは機械損の



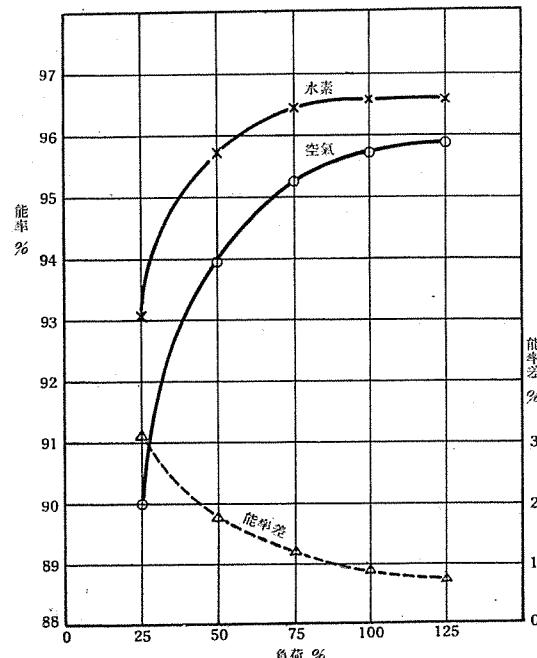
第 19 圖

著減である。空氣冷却タービン発電機の容量限度を支配する一つの因子は機械損が大きくなる事である。之は回転子の周速度に關係する。従つて機械的應力以外にこの周速のため直徑が制限される。直徑が制限されれば振動の方から長さが制限され出力に限度が出來る事となる。故に水素を用ひて機械損を減すれば直徑が増され長さが増される事となり、その上冷却もよくなるので出力限度がずつと引き上げられる。故にタービン発電機に於ける水素冷却の應用は他の如何なる電氣機械に於けるよりも最も有意義である。

通風損及び表面摩擦損は大体冷却媒体の密度に比例する。従つて空氣の場合を100%とすれば前表より炭酸ガスの場合は約140%、水素の場合は約7%であるべきである。併し水素の場合は少しの空氣が混つても密度には大きな變化が起るため、實際の運轉状態では約10%と



第 20 圖



第 21 圖

なる。この損失を各回転数に就て比較すれば第 20 図の様になる。實線は各媒体に對する損失を表はし、點線は空氣を 100%とした時の各ガスの場合の損失を百分率で示したものである。この場合の純度は炭酸ガスが 90% であり、水素が 94% であつたため、損失は前者が 136% 後者が 13% となるべきであるが、曲線では 133% 及び 11% と表はれてゐる。其他測定された鐵損及び銅損等の結果より能率を比較すれば第 21 図の様になる。圖に於ては空氣冷却の出力 8,750 kVA を 100% としてゐる。之に依れば水素冷却の場合には 8,750 kVA で 0.88% 11,000 kVA で 0.72% の能率向上となる。下方の點線は各負荷に於ける能率の向上分を示したものである。空氣冷却の場合には不變損失である機械損が大きいため、能率曲線に於ては全負荷近くになつても、能率の向上率は下らず最大能率點が表はれない。然るに水素冷却の場合には不變損失が小さくなるので他の一般機械の様に全負荷附近が最高能率となり、過負荷すれば向上率低下の傾向を辿る。從つて水素冷却發電機では最高能率點を何處に持つて来るかに就て慎重に考へる必要が起つて来る。

### 8.3 密封器の油量及び損失

密封器の油量及び油壓は内部ガスの漏れ及び外部空氣の侵入を止め得る最小限度に止めるが良い。密封器に於ける損失は油量、油壓及び粒度等に關係する。本機では Tycol Heavy Medium を使用した。油量及び油の溫度上昇より計算すれば、密封器 1 個に付き油壓 0.3 kg/cm<sup>2</sup> の時 0.3 kW, 0.5 kg/cm<sup>2</sup> の時の 0.9 kW の損失となつた。之より見れば密封油の油壓、油量に依つて損失に大小の差はあつても他の損失に比すれば全く無視し得る程度である。尙この油壓を上げると密封器各部の仕上組立等より来る前后密封器の運轉状態の差異に對しては鈍感であるが、油壓が或程度下ると設計や工作の巧拙による影響が損失や運轉状態に敏感に響いて来る。

### 8.4 ガス漏れ及び純度低下

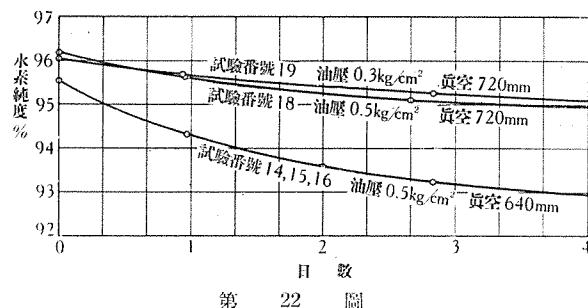
水素冷却を採用するため經濟上問題となるのは水素の消費量である。水素の補給を要する漏れに就ては次の場合が考慮される。

#### (ア) 絶対の漏れ

發電機本体の各接続部分、パッキンを入った各接続部分、計器類、配管のバルブやフランジ類よりの漏れは内部に壓力がある以上機械が停止してゐても起る。運轉の場合でも密封器の油が全々流れ替らずこの油がガスの交流を起さないならば漏れは一定である。之を絶対の漏れと言ふ。

#### (イ) 見掛上の漏れ

水素の消費量と内部ガスの漏れとは區別さるべき性質のものである。發電機に於てはガス漏れは内部ガスの溫度及び壓力の變化に依つて測定される。即ち溫度が一定の場合漏れがあれば下る。機内の空間の体積は一定であるから壓力の差に依つて漏れを測る。而るに實際運轉に



第 22 圖

於ては密封器の油は絶えず流れ替つてゐる。而してこの油は幾分かの空氣を含んで來て之を機内に放出する。之と同時に歸りには機内のガスを吸着して持去る。故に油の處理が不充分であれば、油に依つて持込まれる量と持去られる量との關係に依つて機内のガス容積從つて壓力には殆ど變化はなく見掛け上は殆ど漏れがない様に見えるがガスの純度は下つて行く。この様に密封油の作用を考へた時の漏れを見掛け上の漏れと言ふ。從つて見掛け上の漏れはなくとも持去られた水素の量だけは純度保持のため補給しなければならぬ。

次に空氣と同様に純度低下の大きな原因となるものに水分がある。密封油に含まれた水分が機内に入つて飽和蒸氣に變化すればその体積は千數百倍になる。故に密封油及び補給用水素中に含まれる水分が完全に除去されねば他の如何なるガス制御装置も無意味となる。

#### (ウ) 内部ガス 壓力及び温度の變化に因る補給

水素は内部ガスの壓力の變化に依つて自動的に補給されるが、この變化の原因となるものに負荷による溫度變化及び外氣の溫度變化がある。從つて排出補給の各壓力範囲は負荷状況や氣象状況等を參照して決定さるべきである。例へば晝間殆ど全負荷で働いたものが、夜になつて急に負荷が無くなると大氣も冷えて來るので、機内のガスは溫度變化のため壓力が急に下り、場合に依つては自動補給が行はれる。それが翌日又負荷が増して溫度が上れば壓力が上るので自動的に排出される。どんな場合の排出量は漏れの如何には關係しないが水素の消費量を増すことになる。故に水素冷却發電機は基礎負荷をとる發電機には有効であるが晝夜運轉停止の頻繁な發電機には不適當である。こんな場合には面倒ではあるがガス冷却器の水を加減すれば幾分消費量の節約となる。故に多數發電機があれば水素冷却發電機には出来るだけ一定の負荷を取らせ、變動部分は空氣冷却發電機に取らせるが良策である。

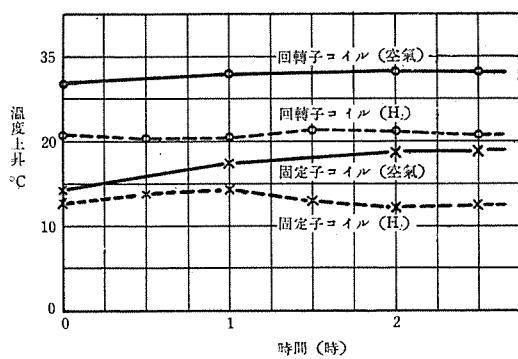
以上の諸點を考慮に入れて次の場合の諸試験をした。

真空度 (水銀柱) 640mm, 720mm

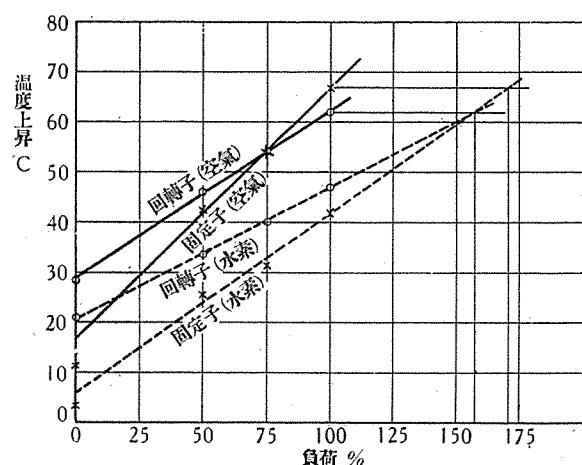
内部ガス圧 (水柱) 300mm, 400mm, 500mm

密封油圧 0.3 kg/cm<sup>2</sup>, 0.5 kg/cm<sup>2</sup>

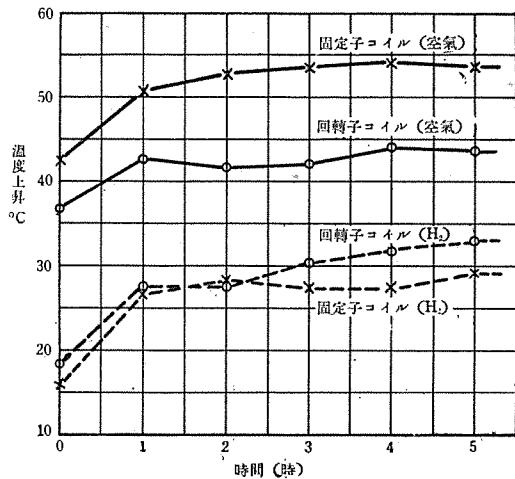
この試験の結果に依れば密封油圧の變化はガス漏れには餘り影響が無かつた。停止中の密封油量は運轉中のそれの約 10% に過ぎない事が判つたので、絶対の漏れは



第 23 圖



第 25 圖



第 24 圖

便宜上停止時の漏れを採用する事とした。之は内部ガス圧400 精の時約  $0.0257 \text{ m}^3/\text{hr}$  であつた。見掛け上の漏れは真空度640 精の場合  $0.002 \sim 0.0041 \text{ m}^3/\text{hr}$  で、720 精の場合  $0.014 \sim 0.025 \text{ m}^3/\text{hr}$  であつた。真空度を高くすれば密封油から持込まれるガス量よりも持去られるガス量の方が多くなるので見掛け上の漏れは大となる。従つて水素消費量は640 精の時約  $0.0338 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、720 精の時約  $0.0348 \text{ m}^3/\text{hr}$  となつた。併し第22図より知られる様に純度低下の割合が遙かに減少する。第22図は内部ガス圧を400 精として水素を補給せずに長時間運転した場合の純度低下の様子を示したものである。圖で判る様に真空處理が良ければ純度低下は非常に少くなるので、實際運転上は外部から空気が浸入しない程度の内部圧力を保つておけば良い事になる。之即ち自動補給が壓力計に依つてのみ制御し得る所以である。上記の様に真空度と消費量と純度とは互に相關聯してゐるので必要以上に高真空にすることを止め各機の計畫に當つては適當の真空度を決定すべきである。

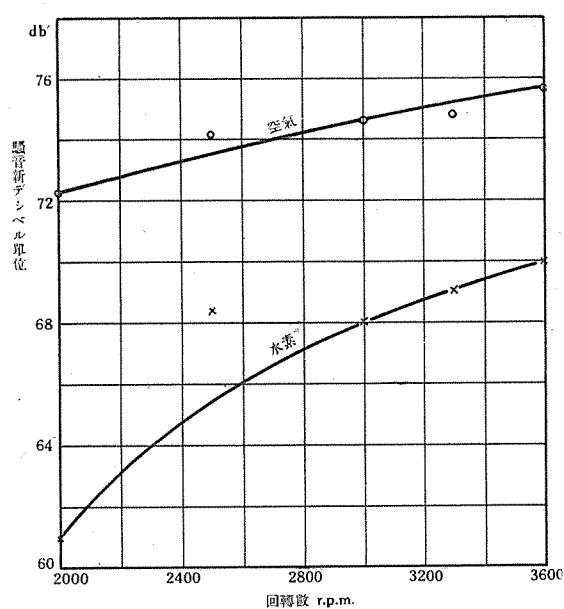
尚この漏れは密封油の空気及び水素に対する可溶度にも關係を有する。即ち空気の可溶度は水素のそれの約2.7倍であるから、若し密封油が絶対に空気を含んで來なかつたら機内のガス消費は別として純度は原水素よりも上の結果となる。以上の純度低下は密封油に關してのみ考へたが、市販の水素瓶にも空気及び水分を含んでゐる

るのでこの純度をも考慮する必要がある。

#### 8.5 溫度上昇

工場運轉に於ては實負荷を取る事が出來なかつたので専ら同じ電氣的條件の下に於て空氣冷却の場合と水素冷却の場合とを比較する事を止めた。従つて此處に表はれた數値を以て直ちに實際の溫度上昇とは取れないが空氣と水素との比較は出来る。第23図は無負荷で規定電壓を出して溫度上昇試験をした場合の曲線の一部である。第24図は本機の空氣冷却としての容量である8,750kVAに對する全負荷電流に相當する短絡電流を流して溫度上昇試験をした場合の曲線である。鐵損試験に於ては全体として溫度が低いから固定子に於ても回轉子に於ても大体同じ位の割合で水素の場合は溫度が下つてゐるが、銅損の場合には水素冷却にすれば回轉子の溫度上昇の低下よりも固定子のそれの方が大きくなつてゐる。之は明かに固定子の方が回轉子よりも水素の影響が大きい事を示すものである。即ち回轉子線輪で直接水素に觸れる部分は端部の保持環内の部分だけで他の大部分は回轉子表面に於ける熱傳達率の間接的影響であるが、固定子に於ては線輪端部のみならず鐵心部分に於ても多數の通風溝の所で直接に水素に接觸するのでその影響が大である。

第25図 JEC-35§526-(2) の「負荷試験を行ひ得ざる場合の溫度推定法」に依つた等價溫度試験の結果である。之は過電壓をかけて全損失がその時の指定條件に於ける負荷をかけたと同じ損失になる様にし、次に過電流を流して全損失を前と同じにして、之を15分毎交互に行ひ、その溫度上昇が一定となるまで行ふのである。この溫度上昇は直ちに規定負荷に於ける溫度上昇とは考へ難いが水素と空氣との場合の比較は出来る。之れに依れば負荷が増すに従つて空氣冷却と水素冷却との溫度上昇の差は大きくなる。而もその差は回轉子よりも固定子に於て大きい。この圖は8,750kVAを100%としたものであるが、水素側を延長して空氣の場合と同じ溫度上昇を持つ様な出力を讀めば回轉子で162%固定子で170%となる。實際の場合には固定子線輪より出た熱が空隙に達する迄



第 26 圖

には鐵の損失に依る熱と同じ通路を通らねばならぬのでこの割合よりは小さくなる。この過負荷は溫度の點だから考へたのであるが實際の場合には安定度をも併せ考へねばならぬので 25%~30% の過負荷が利くとされてゐる所以である。

### 8.6 騒音

水素冷却發電機が空氣冷却のものより騒音が少ないので、ガスの密度の小さい事にも依るが、機械自身が空氣冷却の場合より遙かに氣密に出来、且つ機壁が厚い爲内部の音響が外部に漏れ難い事にも原因してゐる。従つて

本機に於ては空氣を媒体としても既に普通の發電機より静かである。本機は工事の都合上原動機側に電動機と昇速歯車装置とを用ひ、他の側に勵磁機を取付けたため、工場内で深夜他の機械が總て停止してゐる時に於ても本機の周囲 10 数ヶ所で騒音を測定した結果、發電機から出る音が餘り小さいため駆動装置及び勵磁機の騒音の方が大きく響き、騒音計には殆ど空氣と水素との差が表はれなかつた。依つて騒音計のピックアップを機内に挿入した所騒音と回轉數との関係は第 26 圖の様になつた。之より見れば水素の場合は遙かに騒音が少なくなる事が判る。尙 2,500 回轉に於て騒音が大きく出てゐるのは、この附近に臨界速度があつたからである。併しこの問題は同機調相機や周波數変換機の様に水素冷却の機械のみの時には問題となるが、タービン發電機の様に一般に發電所に於てはタービン及び補助機械等の騒音の方が遙かに大きいから餘り大きな問題ではない。

### 9. 結 言

本發電機は計畫も舊く特殊條件もあつたので、形狀に於てこそ一般の水素冷却機とは多少異つて居り、其他の附屬装置に於ても其後の研究により幾多改良を要する點はあるが、尙本試験に依つて能率、溫度其他の特性が明らかにされたので之が將來我が國に於ける大型水素冷却タービン發電機の發展の一助ともなれば幸甚である。尙本機に水素冷却を採用する様御計畫せられた御註文元に對して深甚の謝意を表すると共に、江湖諸彦の御批判御指導を仰ぐ次第である。

# 自動揃速装置及自動同期装置

神戸製作所 尾 畠 喜 行

## 内 容 概 梗

本装置に關しては嘗て發表したこともあるが其後研究改良を加へたるものに就き、動作原理、構造、動作特性の全般に亘り再び詳細なる紹介を爲したものである。

### A. XE-B型自動揃速装置

#### 1. 動作原理

今二つの交番起電力の時間的變化を

$$e_1 = E_1 \sin \omega_1 t$$

$$e_2 = E_2 \sin (\omega_2 t - \theta)$$

にて表はし、この起電力を合成すると

$$e = l_1 + l_2$$

$$= E_1 \sin \omega_1 t + E_2 \sin (\omega_2 t - \theta)$$

$$= E \sin (\omega_1 t + \alpha)$$

但し

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos(\Delta\omega t - \theta)}$$

$$t_g \alpha = \frac{E_2 \sin(\Delta\omega t - \theta)}{E_1 E_2 \cos(\Delta\omega t - \theta)}$$

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$$

この式に就てみると振幅  $E$  は時間の経過につれて ( $E_1 + E_2$ ) 及 ( $E_1 - E_2$ ) の間に於て變化するが、その位相は  $\Delta\omega > 0$  の場合には  $\theta$  の小なる程進み、 $\Delta\omega < 0$  の場合には

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos(\Delta\omega t + \theta)}$$

となつて  $\theta$  の小なる程遅れることになる。従つて、振幅の最大、又は最小となる可き時刻は、

$\Delta\omega > 0$  の場合は  $\theta$  の小なる程早い

$\Delta\omega < 0$  の場合は  $\theta$  の大なる程早い

となつて唸電圧の消長順序は、 $\Delta\omega$  の正負に依つて異なることになる。

従つて第1圖の如く  $e_1$  に線路側任意の單相電圧を選び、 $e_2$  に發電機側の三相電圧をとつて各々合成すると、發電機側三相電圧は順次  $\frac{2}{3}\pi$  rad. 順位相が遅れて居るから、振幅の最大又は最小となる可き順序は發電機周波數の大なる場合 A 相 B 相 C 相であるに反し、小なる場合には A 相 C 相 B 相となつて唸電圧の時間的發生順序を異にすることになる。（第2圖）従つてこの變化順序を選択して何れの周波數の大なるかを検出し原動機速度を適當に制御すれば兩周波數を接近せしめることが出来る。

（特許第 129700 號）

#### 2. 構造及動作

第3圖は本装置を用ひて水車發電機の自動揃速を爲さんとする場合の接続圖で圖中の番號は次の如きものを表す。

15r 速度上昇用一次繼電器

15l 速度下降用一次繼電器

15Y 同上用補助繼電器

15R ガバモータ制御繼電器（速度上昇用）

15L 同 上（速度下降用）

15C 調整時間制御用繼電器

15P<sub>1,2</sub> 調整周期制御用繼電器

15PX 同上用補助繼電器

65M ガバモータ

84 發電機電壓繼電器

$V_o, V_R, V_L$  熱陰極格子制御放電管（サイラトロン）

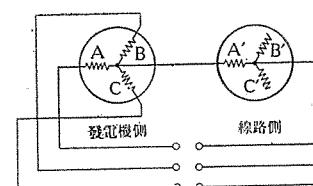
$V_C, V_{P1}, V_{P2}$  五極真空管

$V_B, V_r$  整流管

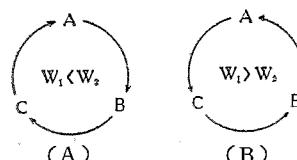
$G_O, G_B, G_r$  定電壓放電管

$RX_{1,2,3}, RX_m$  乾式金屬整流器

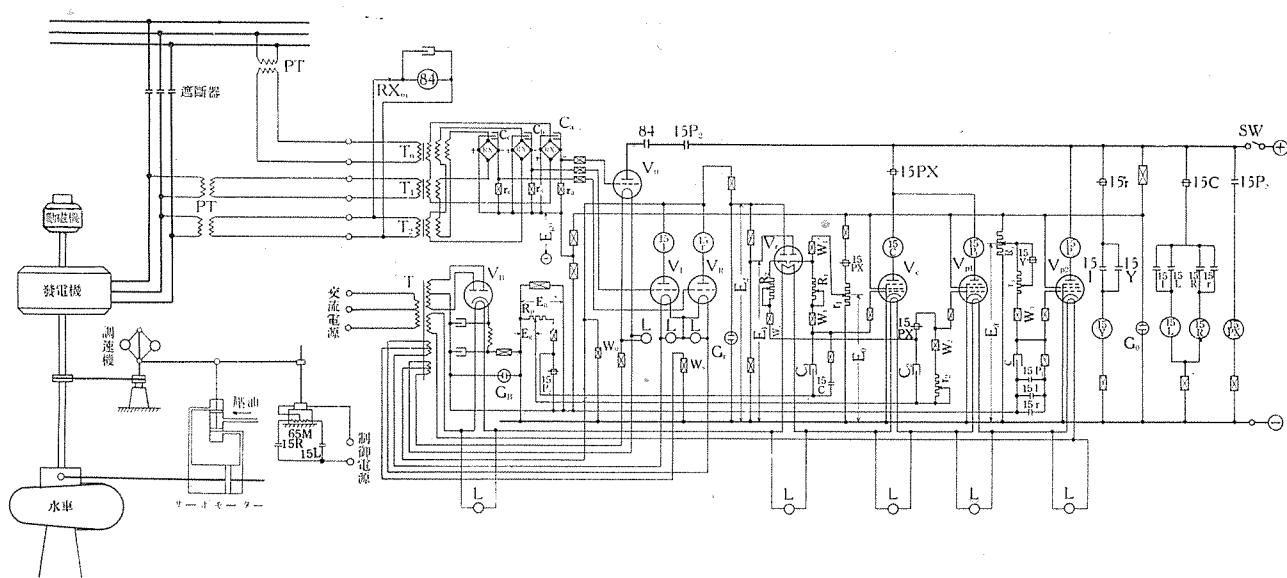
即ち母線側任意線間及び發電機側各線間に圖の如く變壓比の等しい變壓器  $T_o, T_1, T_2$  を接続しその二次電圧を各合成して整流器  $RX_1, RX_2, RX_3$  に加へる。この合成電圧は整流器に依て夫々整流せられ脈動電圧が抵抗



第1圖 接続方法



第2圖 嘸電圧発生順序



第3圖

$r_a$ ,  $r_b$ ,  $r_c$ , 及蓄電器  $C_a$ ,  $C_b$ ,  $C_c$ , に加へられるのであるが、この際交流分は蓄電器に依て吸收せられるから抵抗中には唸周波の低周波電圧が表れる。而してこの電圧は既述の如く周波數差の正負に依て發生順序を異にする唸電圧であつて、その變化は發電機周波數の高い場合  $RX_1$ ,  $RX_2$ ,  $RX_3$  の順序となる。

整流管  $V_B$  は電源變壓器  $T$  の二次電圧を整流し濾波回路を経て定電圧放電管  $G_B$  に加へられる。この電圧は真空管  $V_C$ ,  $V_{P1}$ ,  $V_{P2}$  の格子偏寄電圧として使用せられるもので  $G_B$  に依て一定に保たれる。

直流電源開閉器  $SW$  を閉じると定電圧放電管  $G_o$  が放電し真空管  $V_C$ ,  $V_{P1}$ ,  $V_{P2}$  の遮蔽格子電圧を一定に保つから、相當廣範囲の電源電圧變化に對しても真空管特性が變化を受ける様なことは無い。真空管  $V_{P2}$  の格子は最初大なる偏寄電圧が印加されて居る爲に陽極電流は流れ得ないが、抵抗  $R_a$ ,  $r_a$ ,  $W_a$  を経て蓄電器  $C_a$  に充電々流が流れる爲に暫時の後蓄電器電圧が格子偏寄電圧を打消し、繼電器  $15P_z$  及補助繼電器  $15PX$  を動作せしめる様になる。一方發電機電圧が 70% 位になると電

壓繼電器  $84$  が動作する様になるから、 $15P_z$  の動作と相俟つて放電管  $V_o$  の陽極回路を形成する。

今發電機周波數の低い場合に就て説明すると、場この合唸電圧の消長順序は第2圖 B の如くなる。第4圖に於て放電管の臨界格子電圧特性を OPQ の如きものとすると、放電管格子には常時  $E_{go}$  なる正偏寄電圧と負の方向に成長する唸周波電圧とが重疊せられて居るから、 $E_{p1}$  なる陽極電圧に對して整流唸電圧の高い間は放電し得ないが、整流器  $RX_1$  に懸る唸電圧が次第に小さくなり  $V_o$  の合成格子電圧が  $E_{g1}$  となると  $V_o$  が抵抗  $W_o$  及定電圧放電管  $G_1$  を通じて放電を開始し、且放電管  $V_L$ ,  $V_R$  に陽極電圧を供給する。この時  $V_o$  の陽極電圧降下は僅々十數Vであるから  $V_L$ ,  $V_R$  に加はる陽極電圧は  $V_o$  の夫に比して大した變化は無い。

次に  $RX_3$  に懸る唸電圧が小さくなると  $V_o$  の場合と同様にして  $V_R$  が放電し繼電器  $15r$  を動作せしめる。その後  $RX_2$  に懸る唸電圧が小さくなつて来る譯であるが、次の如き理由に依て  $V_L$  の格子制御能力は喪失せしめられて居るから放電することが出來ない。

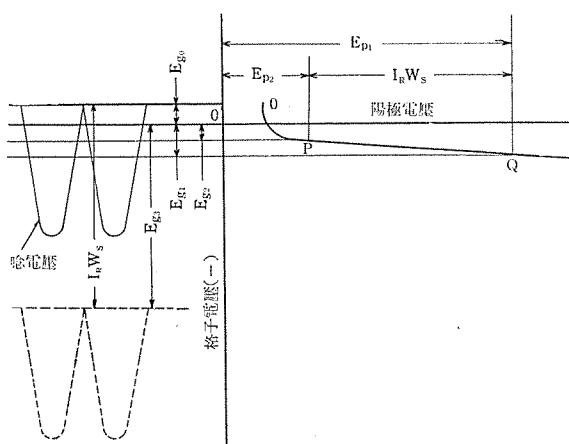
即ち第4圖に於て  $V_o$  の放電後  $V_R$ ,  $V_L$  に懸る電圧を  $E_{p1}$  とすると、之に對する臨界格子電圧は  $E_{g1}$  あるから、合成格子電圧がこの値になつた時  $V_R$  が放電する所が  $V_R$ ,  $V_L$  の陰極は直列に接続せられこの陰極と電源負性端子との間に選擇抵抗が接続せられて居るから、 $V_R$  が放電すると  $V_L$  に懸る電圧  $E_{p2}$  は

$$E_{p2} = E_{p1} - I_R W_S \quad (I_R \text{ は } V_R \text{ の陽極電流})$$

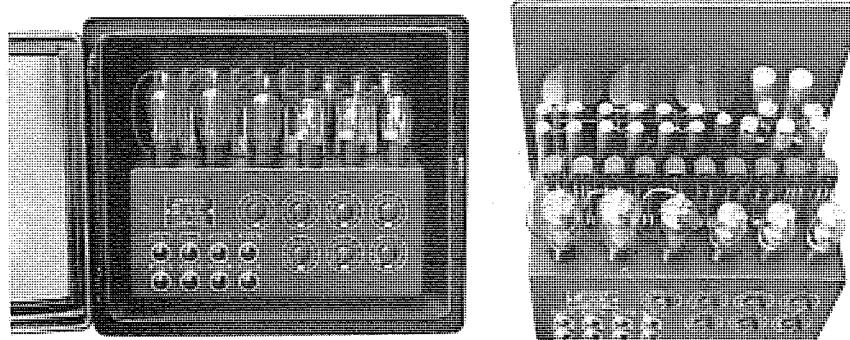
なる  $V_R$  の陽極電圧降下のみ（之に對する臨界格子電圧は  $E_{g2}$ ）となるに反し、 $V_L$  の格子偏寄電圧  $E_{g3}$  は

$$E_{g3} = E_{go} - I_R W_S$$

となつて  $E_{go} \ll I_R W_S$  なる爲に著しく負となる。従つて  $V_R$  の放電後  $RX_2$  の電圧が假令 0 となつても最早  $V^*$  を放電せしめることは出來ない。（實用新案登録第 28 755 號）



第4圖 放電動作説明



(A) 第5圖 XE-B型自動揃速装置

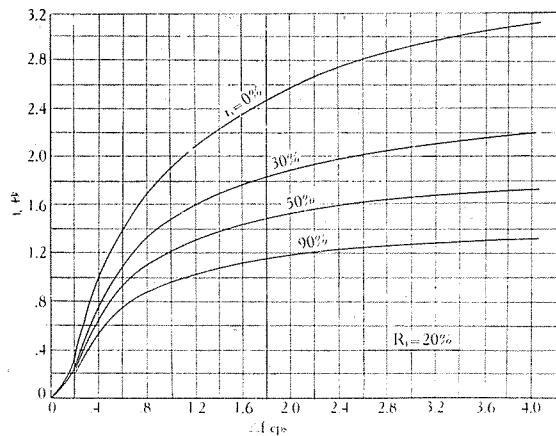
(B)

繼電器  $15r$  が動作すると真空管  $V_{p2}$  の格子電圧を著しく負とするから（この時蓄電器  $C_3$  は放電する）繼電器  $15_{p2}$  は無勵磁となり放電管  $V_o$  の陽極回路は断たれる。又一方が  $15r$  動作するとガバモータ制御繼電器  $15R$  を作動して導翼弁を開き水車速度を上昇せしめる。暫時の後、後述の如き理由に依て調整時間制御用繼電器  $15C$  が動作して、前記  $15R$  の回路を断つから調整作用は停止する。又繼續電路  $15_{p2}$  が開くと  $15r$  は無勵磁となり本装置は休止するが、暫時の後には再び  $15_{p2}$  が動作して揃速動作を繰返す。

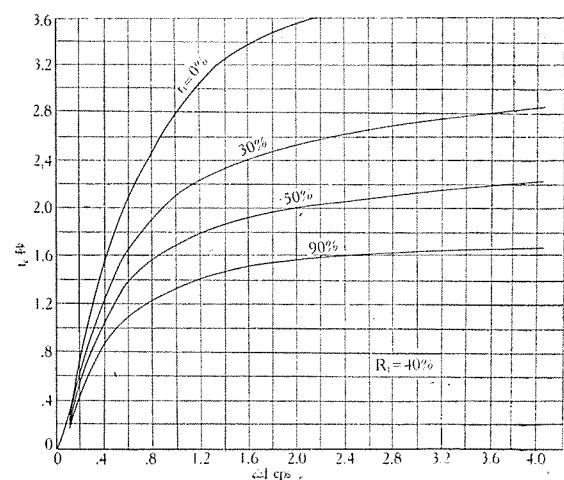
逆に發電機周波数が高い場合には唸電圧の順序は第2圖 A の如くなり、 $V_o$  の放電後  $V_L$  が放電し繼電器  $15l$ 、 $15L$  を作動せしめ水車速度を降下せしめる。但しこの場合には繼電器  $15Y$  も動作するのであるがその作用に就ては後述することとする。第5圖は本装置の外観を示す。

### 3. 調整特性

以上は速度調整從つて周波数調整の概要であるが、實際使用するに當つては亂調防止の必要がある。即ち慣性能率を有する回轉体の速度制御を行ふ場合には、一般に振動的に定値に落付くものであるが、之を非振動ならしめんとすれば小刻に長時間を要することになる。従つて運轉經濟上自動揃速に要する時間を極力減少し然も亂調の虞無からしむる爲には、豫め發電機の周波数差を検出し、之に依て調整時間と調整周期を自動的に決定せしむることが必要である。本装置に於ては周波数差に對し、調整時間は比例的に調整周期は逆比例的とし、且この特



(A)



第6圖 調整時間特性

性は抵抗の調整に依り簡単に變更出来る様になつて居る。

### 調整時間特性

第3圖に於て、ガバモータの回転する時間は、 $15r$  又は  $15l$  が動作して  $15R$  又は  $15L$  を附勢してより、調整時間制御繼電器  $15C$  が動作するに至る迄の時間である。然るに  $V_o$  が放電してより  $V_L$  又は  $V_R$  が放電する迄の時間は、周波数差を  $\Delta f$  とする時  $1/3$  秒であるが、この時間中に  $E_1$  なる電圧により整流管  $V_r$ 、抵抗  $R_1$ 、 $W_1$  を通して蓄電器  $C_1$  に充電電流が流れれる。この爲  $C_1$  の電圧  $e_c$  は

$$e_c = E_1 \left( 1 - \frac{1}{3(R_1 + W_1) C_1 \Delta f} \right)$$

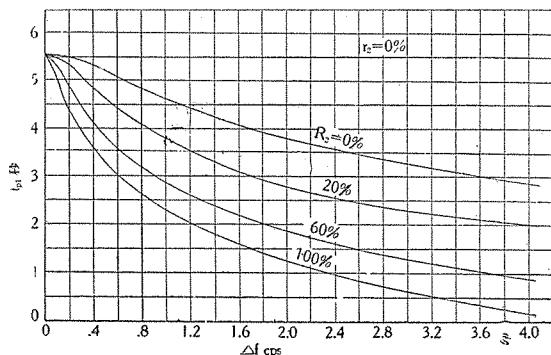
に上昇する ( $V_r$  の内部抵抗及び他の抵抗は  $R_1$ 、 $W_1$  に對して無視し得る様に選んである)。次に  $15r$  又は  $15l$  が動作すると、 $V_{p2}$  の格子電圧は著しく負となる爲に  $15_{p2}$  及續いて  $15PX$  が消勢され  $V_c$  の陽極回路は閉成せられるが、格子は偏寄電圧  $E_g$  を受ける爲に前記  $e_c$  のみにては未だ  $15C$  を動作し得ない。而して  $15_{p2}$  が消勢された後  $C_1$  は抵抗  $r_1$ 、 $W_1'$ 、 $R_1$ 、 $W_1$  を通じて更に充電せられ、或時間後には  $V_c$  の格子電圧は上昇し  $15C$  を動作せし得るのである。今  $15r$  又は  $15l$  が動作してより  $15C$  が動作するに至る迄の時間を  $t_c$  とすると、

$$t_c = -2.3C_1(R_1 + W_1 + W_1')$$

$$\log \left[ 1 - \left\{ \frac{E_g - (E_g + e_c)}{E_0 + E_g} \right\} \right]$$

( $E_g$  は  $15c$  が動作するに至る  $V_c$  の格子電圧)

となり明に  $\Delta f$  の函數となる。この時間はガバモータを回転せしめる時間であつて、回路定數を適當に選ぶことに依て  $\Delta f$  に對し略比例的な關係を有せしむることが出来る。 $\Delta f$  に對する  $t_c$  の特性は抵抗  $r_1$ 、 $R_1$  を調整することに依て簡単に變更出来るものであつてその一例を第6圖に示す。

第7圖 (A)  
調整周期特性

この特性は周波数差に對し反限時特性 ( $t_{p1}$ ) と定限時特性 ( $t_{p2}$ ) の二つより成つて居て、兩者を加へたものが調整周期特性 ( $t_p$ ) となる。

#### 反限時特性

この特性は  $\Delta f$  に對し調整周期を逆比例的ならしめんとするもので次の如くにして行はれる。即ち調整時間特性の場合と同様  $V_0$  が放電すると  $V_R$  又は  $V_L$  が放電するに至る迄  $V_r$ ,  $R_s$ ,  $W_s$  を通じて蓄電器  $C_s$  に充電々流が流れる。この爲  $C_s$  の電圧  $e_{p1}$  は

$$e_{p1} = E_s \left( 1 - \frac{1}{3(R_s + W_s) C_s \Delta f} \right)$$

$V_R$  又は  $V_L$  が放電して  $15_{p2}$  及  $15PX$  が消勢されると  $C_s$  の電荷は抵抗  $W_s$ ,  $r_s$  を通じて放電し  $V_{p1}$  の格子電圧を上昇せしめる。この抵抗電圧は格子偏寄  $E_g'$  を充分打消し得る様に各定數が選んであるから、 $15_{p1}$  は動作し  $V_{p2}$  の格子偏寄を依然大なる値に保ち  $15_{p2}$  の動作を抑制する。然し一定時を経れば  $C_s$  の電荷は無くなり爲に、 $V_{p1}$  は  $E_g'$  なる格子偏寄を受くるに至るを以てやがて  $15_{p1}$  を消勢する様になる。この  $115_{p1}$  が動作して居る時間  $t_{p1}$  は勿論  $V_0$  の放電に依て  $C_s$  に蓄積せられた電荷に關係するものであつて、

$$t_{p1} = -2.3 \left( r_s + W_s' \right) C_s \log \frac{E_g' - E_{g2}}{E_g}$$

( $E_{g2}$  は  $15_{p1}$  を復歸せしむべき  $V_{p1}$  の格子負電圧) となる。

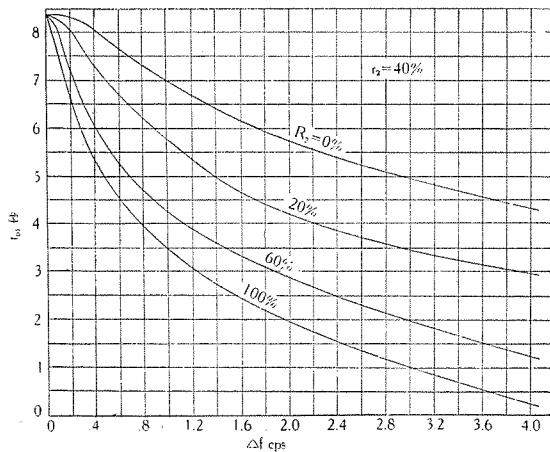
$t_{p1}$  は抵抗  $R_s$  及  $r_s$  の調整に依り變更出来るものでその一例を示すと第7圖の如くなる。

#### 定限時特

性前述の如く  $15r$ ,  $15l$ ,  $15_{p1}$  の何れかが動作して居る間は  $V_{p2}$  の格子電圧を甚だしく負とする爲に  $15_{p2}$  は動作し得ないが、やがて之等の繼電器は消勢せられて蓄電器  $C_s$  には抵抗  $R_s$ ,  $r_s$ ,  $W_s$  を通じて充電々流が流れる。この爲暫時の後には  $V_{p2}$  の格子偏寄が減少して  $15_{p2}$  を作動せしめるのである。この時間は  $\Delta f$  に對しては無關係で之を  $t_{p2}$  とすると

$$t_{p2} = -2.3 (r_s + W_s) C_s \log \left( 1 - \frac{E_g - E_{g2}}{E_g + E_g'} \right)$$

( $E_{g2}$  は  $15_{p2}$  を作動せしむべき  $V_{p2}$  の格子負電圧)



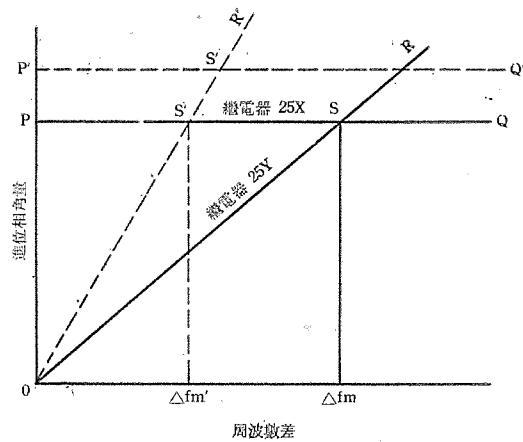
第7圖 (B)

となり  $R_s$  及  $r_s$  を變化せしむれば 1~10 秒に調整出来る。

#### 15Y の作用

回轉体の速度調整に於て之を加速する場合には、入力を増長することにより加速時間を短縮し得るのであるが減速する場合には制動装置等に依り回転のエネルギーを吸收せしめるに限り自然減速を待たねばならない。この爲一定量の速度調整を行ふ場合は減速の方に長時間を要するのが普通であつて、調整量を大にするか或は調整周期を長くする必要がある。本装置に於ては調整周期を長くせんとするもので、15! が動作すると 15Y を附勢し前記抵抗  $r_s$  の一部を開放して  $t_{p2}$  を大ならしめて居る從つて調整周期は速度上昇の場合より下降の方が長くなる。

尚動作原因は喰電圧であるから調整周期は  $\Delta f$  に依ても制限を受ける。然し  $\Delta f > 0.2\sim$  では前記の如き  $t_{p1} + t_{p2}$  なる周期を以て動作するが、 $\Delta f < 0.2\sim$  では喰電圧周期  $1/\Delta f$  となることがある。これは各抵抗の調整位置に依て變化するものであつて  $0.2\sim$  は  $1/\Delta f$  に依て拘束され始める極限の値である。然し  $1/\Delta f$  なる周期は完全に周波数差に對し反限時であるから調整特性を悪化せしむる様なことは無い。



第8圖 繼電器特性

#### 4. 其の他の特徴

本装置は總て電子管を以て動作せしめるものであるから陰極加熱力條の断線に依て局部的に不動作となる憂があるが、第3圖に示す如く之等力條は直列に接続せられて居るから、何れか一ヶ所にて断線を生ずると装置の全機能を停止せしめる様になつて誤動作を生ずる様な虞は無い。且各電子管の合條には並列に断線表示燈が接続せられて居て、何れかが断線すると表示燈を點火する様になつて居る。(實用新案登録第318926號)この断線表示燈は第5圖の如く装置の前面に取付けてあるから一見して断線電子管を識別することが出来る。

本装置に於ては放電管の格子を制御して周波数差を検出することであるから、PTの所要電力は極めて少く一相當り3VAである。従つて電圧変換器は小容量のもので足りるから、特高回路側にて安價な套管電圧装置等に依ても充分この目的を達することが出来る。

電圧の変動は動作原因たる瞬電圧に影響を及ぼすものであるが、両回路の電圧に50%の差があつても差支無い。又制御用電源としては直流交流共110V又は220Vを必要とするが、特別の場合以外は此種電源は容易に得られる。

尙ほ装置は静止器であるから騒音を發する様なことは無い。且特性は前面の抵抗を調整すれば使用中に於ても容易に調節し得る特徴を有する。

#### B. XT-B型自動同期閉合装置

##### 1. 同期装置の具備すべき條件

交流回路を並列接続するに際しては位相差角、周波数差、電圧差が問題となるが、この中周波数差、電圧差は適當なる揃速装置且に均壓装置に依て一定範囲内に接近せしめられるものであつて、周波数2%差以内、電圧差數%以内に接近したる場合系統の動搖に及ぼす影響の程度は、相差角が最も大きくなりて周波数差、電圧差の順序となるのが普通である。然るに遮断器に於ては0.5秒稅度の閉合時間を要するから全く同相時に於て遮断器を附勢したとしても實際回路の接続されるのは閉合時間に相當した相差角を有するものである。今閉合時間中に生ずる相差角を $\theta$ 、周波数差を $\Delta f$ 、閉合時間を $t$ とすると

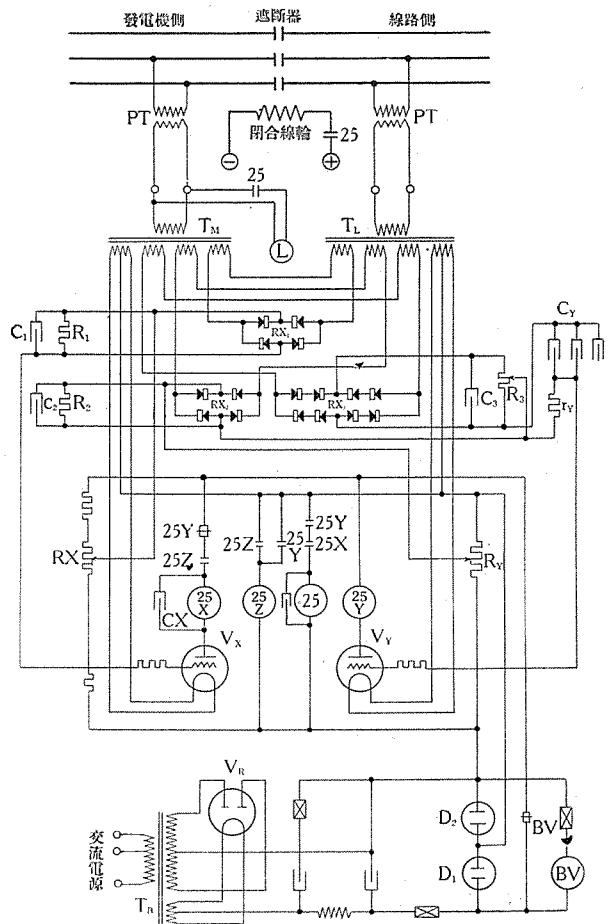
$$\theta = 360\Delta f t \text{ (度)}$$

となり、 $\Delta f = \frac{1}{60} \text{ Hz}$  の場合  $t = 0.5$  秒の遮断器に於ては

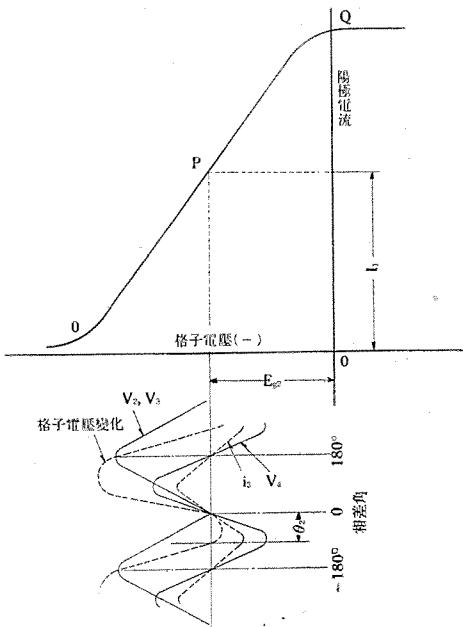
變壓器  $T_M, T_L$  は夫々發電機側、線路側に接続されるが、二次電圧の合成が同相時に於て零となる様に極性を選ぶ。二次側は夫々直列に接続し、その合成電圧は整流器  $RX_1, RX_2, RX_3$  に依て兩波整流せられ、夫々抵抗と蓄電器の並列回路に整流電圧を供給する。この際高周波分は蓄電器  $C_1, C_2, C_3$  に依て吸收せられるから、抵抗  $R_1, R_2, R_3$  には瞬周波の低周波電流が流れる。

##### 繼電器 25X の動作

25X は真空管  $V_x$  の陽極回路に接続せられて居るか

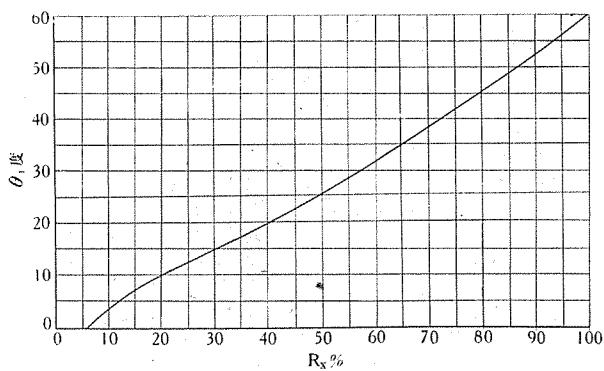


第9圖 XT-B型自動同期閉合装置接続圖



第10圖 25Y動作説明圖

ら  $V_x$  の格子電圧に依て制御せられる。然るに  $V_x$  の格子偏寄は抵抗に依て第10圖  $E_{g1}$  の値にあるから、 $V_x$  の特性曲線を  $OPQ$  の如きものとし且  $I_1$  なる陽極電流を通じ得る如き管子電圧  $E_{g1}$  にて 25Y が動作するものとすれば、抵抗  $R_1$  の電圧降下  $v_1$  は  $E_{g1}$  に重疊せられ



第11圖 25X動作特性

るを以て、 $E_{g1} + v_1 = E_{go}$  なる如き  $v_1$  にて  $25X$  を作せしめる。従つて  $25X$  は同期時 ( $v_1=0$ ) 前  $\theta_1$  進位なる相角にて動作することとなる。 $E_{g1}$  を変化すれば  $\theta_1$  の値は變化し、例へば  $E_{g1}'$  に對しては  $\theta_1'$  となる。 $RX$  を移動して  $E_{g1}$  の値を加減すればこの進位相角は  $0 \sim 60$  に變化し、第11圖の如くになる。

發電機側と線路側に電圧差のある場合には、同期に於て  $v_1$  は最小となるのみにて零とはならず ( $E_1 \sim E_2$ ) に比例した値となる。この電圧は格子負電壓を増加せしめる様に作用するから、兩回路の電圧差が過大なる場合に  $25Y$  は不動作となる。

#### 繼電器 $V_Y$ の動作

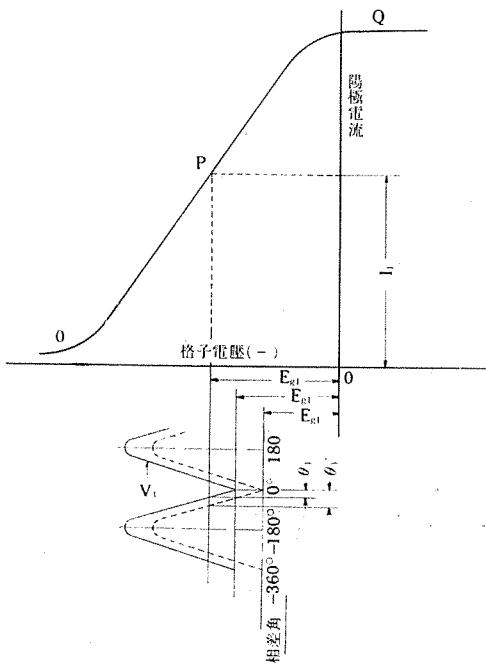
本器は真空管  $V_Y$  の陽極回路に接続されて居るから  $V_Y$  の格子電壓に依て制御せられる。 $R_Y$  には抵抗  $R_Y$  に依て第12圖の如く  $E_{g2}$  なる格子偏置を受けて居るがこの  $E_{g2}$  は  $25Y$  を動作せしむべき陽極電流  $I_2$  を流す如き位置にある如く選定してある。然るに  $V_Y$  は  $R_2$  に依る電壓降下  $v_2$  及蓄電器  $C_Y$  の充放電々流  $i_a$  (抵抗  $R_a$  に生ずる瞬周期の電壓降下  $v_a$  に依る) に依る抵抗  $r_Y$  の電壓降下  $v_4$  が重疊されたものとなる。従つて格子に懸る電壓  $v_g$  は、

$$v_g = E_{g2} + v_2 + v_4$$

となつて、この値が  $E_{g2}$  に等しい時 ( $v_2 = -v_4$ ) に動作  $\theta = 22.5^\circ$  となる。従つて遮断器を附勢するのはこの閉合時間を見越して、同期位置より上記の如き  $\theta$  だけ進んだ相差角を有せしめることが必要である。故に自動同期装置の具備すべき條件としては、

- 同期化用遮断器の閉合時間を補償する進位相角時に於て動作し且この進位相角量は周波數差に比例すること (漸進位相角動作特性)
- 兩回路の瞬周期波數差が並列接續に支障の無い範圍内に於てのみ動作すること。
- 電圧差が過大なる時には同期化を阻止すること。の三次目となる。

XT-B型同期装置に於ては之等の條件の内側二項を次の如くにして、満足して居る。即ち第8圖に於て繼電器  $25X$  は  $\Delta f$  に無關係に同期時前一定の進位相角時に於て動作するが ( $PQ$ ) 繼電器  $25Y$  は  $\Delta f$  に比例する進位



第12圖 25X動作説明図

相角時に於て動作する特性を與へ、( $OR$ ) この二種の繼電器を適當にインターロックして  $25X$  が動作した後に  $25Y$  が動作する時の遮断器を附勢する如くする。然る時  $PQ$  と  $OR$  の交點  $S$  は最大許容周波數差を與へるもので、 $SR$  なる範圍に於ては不動作となる。

第3項に就ては以下の説明中に於て述べることとする

#### 2. 構造及動作

第9圖は本装置の接続圖であつて圖中の番號は次の如きものを表す。

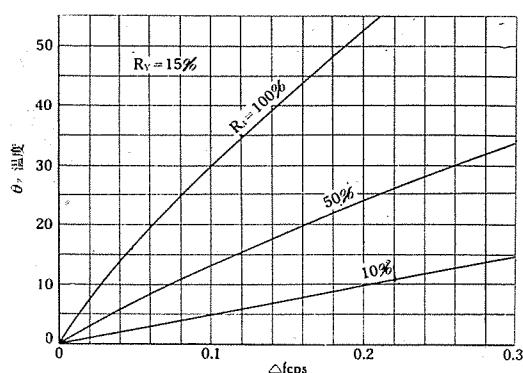
- 25 遮断器附勢用繼電器
- 25X 定位相角動作繼電器
- 25Y 漸進位相角動作繼電器
- 25Z 補助繼電器
- BV 電源過電壓繼電器
- $RX_{1,2,3}$  乾式金屬整流器
- $V_R$  整流管
- $V_X, V_Y$  三極真空管
- $D_1, D_2$  定電壓放電管

$T_B$  は電源變壓器で二次電壓は整流管  $V_R$  及濾波回路を經て本装置に制御電源電壓を供給する。この電壓は定電壓放電管  $D_1, D_2$  に依て一定に保たれる爲に、電源回路の電壓變動に依て動作特性が異なる様なことは無い。する。この瞬周期波數差のある場合には  $v_a$  が或値を有するから同期前  $\theta_2$  なる進位相角を有する。

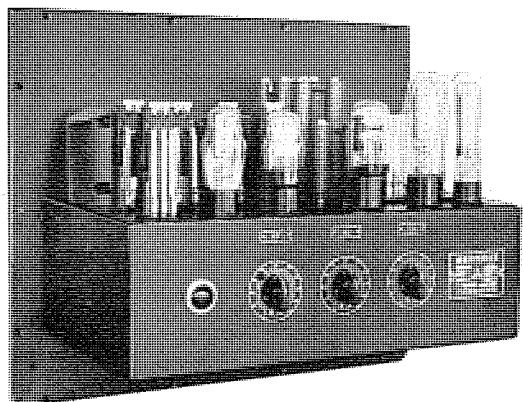
蓄電器  $C_Y$  の充放電々流  $i_a$  は  $\Delta f$  の大なるに従つて增加するから、之に依て生ずる電壓降下  $v_4$  も増加する。この爲進位相角  $\theta_2$  は  $\Delta f$  に對して比例的に増加し、第13圖の如くになる。

#### 動作説明

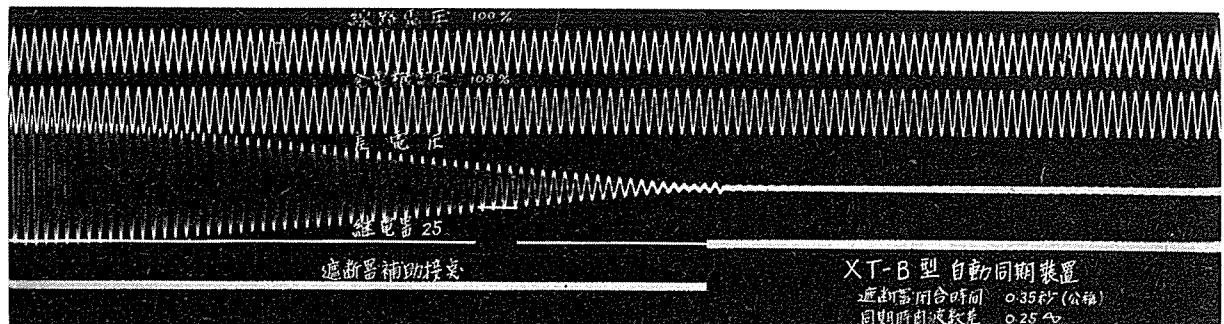
本装置を作動状態とすると前述の如くして  $25Y$  が動



第 13 図 25Y 動作特性



第 14 図 XT-B型自動同期装置



第 18 図

作し、 $25Z$ を附勢之を自己保持せしめる。 $25Z$ の作用は本装置が作動状態となつても蓄電器  $C_Y$  が周波数差に依る充放電を開始する迄同期閉合を行はしめない様、一唸周期の時延を與へる爲のものである。

$25Z$ が動作すると  $25X$  の回路を作るから、次の唸周期に於て同期前一定の進位相角にて  $25X$  が作動し、然る後  $25Y$  が周波数差に相當した進位相角を以て動作すれば、繼電器  $25$  を附勢し遮断器閉合回路を作る。この時  $25Y$  が作動すれば  $25X$  の回路は断たれるが、並列蓄電器  $C_X$  に依て暫時動作状態を保つからこれに依て  $25$  を作動せしめ得るのである。尚  $25$  の附勢後  $25X$ ,  $25Y$  は消勢されるが、 $25$  は並列蓄電器に依て  $5\sim 6$  の時延を有するからこの間に遮断器の附勢機構を作動せしめることが出来る（遮断器は自己保持装置を有する繼電器を通じて附勢せられる）。

周波数差の大なる場合には、 $25X$  の動作に先立つて

$25Y$  が動作し  $25X$  の回路は断たれるから、 $25$  を作動せしめること出来ず本装置は動作しない。前述の説明より明なる如く、 $\theta_1 = \theta_2$  ( $\theta_2 = k\Delta f$ ) は本装置を作動せしめ得る極限の値であつて  $\theta_1 < k\Delta f$  となれば不動作となる。従つて  $\theta_1/k$  は最大許容周波数  $\Delta f_m$  を與へるものであつて、之を變更するには  $R_X$  に依て  $\theta_1$  を變更するか、 $R_s$  に依て  $k$  を變化せしめる必要がある。

第 14 図は本装置の外観であり、第 15 図は本装置に依て同期閉合を行はしめた場合のオッショグラムの一例である。

### 3. 其の他の特徴

本装置の制御電源としては、交流  $110V$  又は  $220V$  を要するのみにて直流電源を必要としないから、直流電源の設備なき場所に於ても使用出来る。所要電力は一相当り  $8VA$  であつて、蓄電器電圧装置に依る特高回路にも容易に設置出来る特徴を有する。

## 壓縮空氣吹付交流遮断器

大阪製作所 浅井徳次郎

志賀貞雄

### 内 容 梗 概

壓縮空氣吹付交流遮断器の構造並びに性能を論じ、油入遮断器及び他の交流遮断器のそれと比較検討した。

之迄は高圧の交流遮断器と言ふと、油入遮断器を指すものとしてゐた程に油入遮断器は廣く使用せられてゐた而して此遮断器にはその名の示す如く多量の油を使つてゐるしかも定格電圧が高くなると油量が電圧の3乗に比例して増加するので、本邦の如き油の少い所では一考を要する問題である。

何故に油を消弧媒質として用ふるかと言ふと油そのものの勝れた絶縁性と著しき電弧抑止能力とに基くものである、しかし油や油の蒸氣は引火しやすいので遮断器の故障の場合は大なる火災を起す事があり、而して故障の程度を擴大する事が間々ある。かゝる事故を無くするため近頃外國では空氣又はガスを使用して消弧遮断を行ふ交流遮断器を製作せられてゐるが、本邦でもかゝる遮断器を要望する聲は高いが未だ前述の不便、損害を經驗しながらも、此の種類の遮断器は製作せられてゐない。依つて速に此の型の遮断器の研究を完成して完全な遮断器を作るのは遮断器そのものゝためにも、又重要資材節約のためにも有意義な事である。

今回此の目的に叶ふ壓縮空氣吹付交流遮断器の設計が完了し試作する運びとなつた。

尤も 10 年も前に當社でも デイオン 空氣遮断器として澤山の銅板を種重ねて作つた デイオン グリッド を使用した 15000 V、500 MVA、遮断器を作つた事がある。此の遮断器は全く新しい原理によつて、空中で電弧を自力にて遮断し、補助の空氣系統や取換を要する消弧液を全然使用しない。しかし此の型は大なる遮断容量のものを經濟的に製作する點に難色があるので、用途に限りがあつた。その他 ノッズル 型とでも言ふべきもので、細い噴氣孔から豫め蓄へられた空氣を噴出せしめて電弧に平行に當てゝ消すもの、又は固体ガス吹付遮断器とて生ずる電弧の熱にて固体を分解してガスを發生し之を電弧に吹付けるもの等がある。

前者は歐洲で製作せられたものであるが、電流の少い時や、遮断容量の小なる間はよいが、之等の値が大となると所要空氣量が大となり空氣壓力も高くないと消弧不能となる恐がある。次に固体ガス吹付遮断器では豫備の空氣供給装置は省き得るし、物質の選定及びその配置を

適當にすれば非常に強い壓力のガスが得られる。而して此のガスを作るエネルギーも、電弧そのものから取れる所謂自力消弧型遮断器であるが、度々遮断すると、固体が消耗する故、消弧能力が減退する憾みがある。又磁氣的に吹付消弧を行ふ方式とて、磁力を用ひて電弧を電弧槽に吹込み、それを長く引伸し且收缩して消弧する遮断器があるが、之も高圧の場合には消弧不充分になる欠點がある。

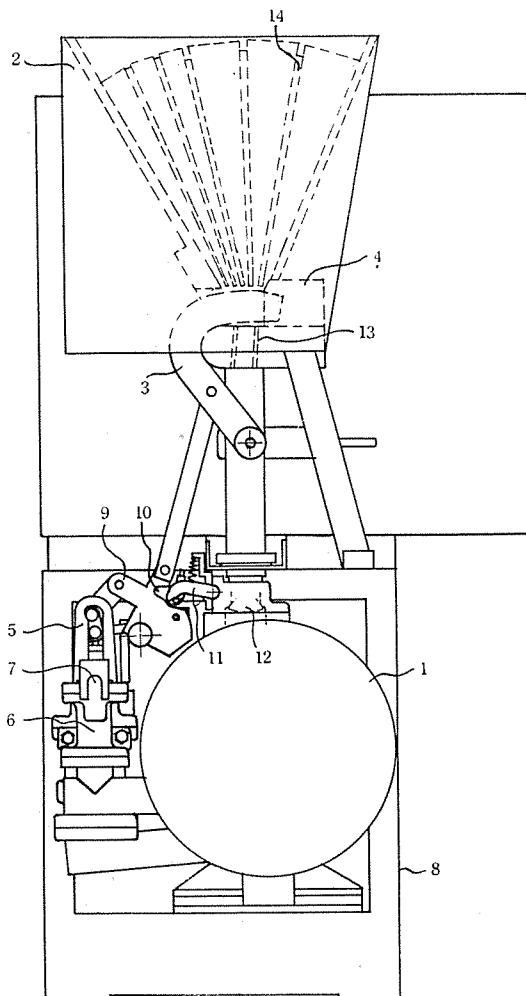
今回開発した空氣遮断器は壓縮した空氣の流れを電弧に直角に當てるもので、遮断器の外に壓縮空氣の供給装置が勿論入用であるが、非常に大なる遮断容量のものが小なる占有場所にて得られる事を思へば問題でない。

第 1 圖は此の遮断器の側面を示し第 2 圖は消弧室の断面圖である。圖中 1 は空氣槽で操作及び消弧用の壓縮空氣を蓄積する。2 は消弧室の側壁で絶縁物にて作られてゐる。3 は可動接觸部で相手の フィンガー 型の固定接觸部に對するもの、可動接觸部は操作機構 5 によつて動かされる。操作機構の氣筒へは空氣弁 6 を經て壓縮空氣が送られる。操作機構 5 には曲柄 9 が連結してゐて、之が可動接觸部を開閉すると同時に鉤 10 腕 11 を經て空氣弁 12 を開閉する。此の弁は消弧用の壓縮空氣を制御する。此の空氣は上昇して電弧槽に到るがその内面には 13 なる内張りを施してある。槽の上部には消弧室が載つてゐるが、此處には ファイバー 製の隔板 14 を數枚入れてある。その下端には一列の溝 15 があつて其處を可動接觸部が動く様になつてゐる。

消弧室の内部にはガスの冷却を促進するために冷却板 16 や金網で作つた冷却装置を澤山設けてある。

今回路に大電流が流れて過負荷繼電器が働くと 7 の電磁弁の線輪が働いて、5 なる操作機構の氣筒の上部に壓縮空氣が送られ、ピストンは下降して可動接觸部 3 を開く様に働く。

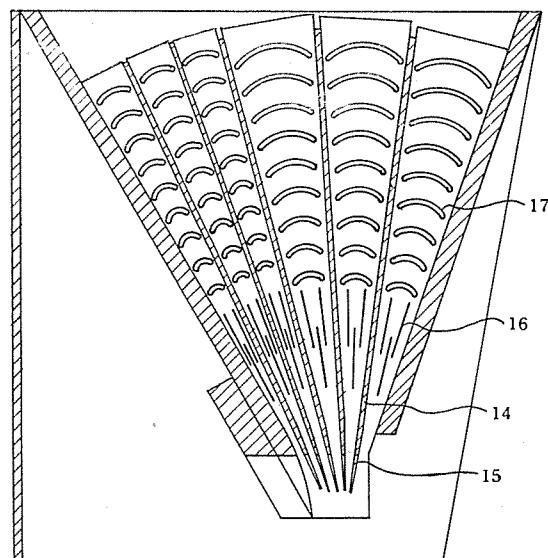
可動接觸部 3 と固定接觸部 4 との間に間隙が出來ると直に發弧する、電弧は溝 15 の間にに入るその時空氣弁 12 も開いて壓縮空氣を吹上げ、電弧は隔板 14 の間に押し上げられ冷却板 16 に達す。此時隔板の表面からは多量のガスを發生して盛に上昇し、若し遮断する電流が少い



第 1 圖

時はガスの発生量も亦少い。従つてガスは圧縮空気のため容易に板 16 の周囲を逃れ、冷却装置 17 の所へ來り十分冷却せられて、外へ出る時は冷えて絶縁性の充分なものとなる。然し大電流を遮断する場合は隔板からは一層多量のガスが出るため、局部的に気圧が高くなり下から来る空気の流れを阻む事がある。かくては空気吹付を止め電弧の周囲のイオンの多いガスを取除けられぬ。従つて電流零となつて電弧は一旦消えても溜つた多量のイオン性ガスのため再點弧する虞がある。之を防ぐため金属の板 16 を上方に設けて電弧を速に之に移らせる様にしてある。又此の板のある部分は廣くしてあつてガスは電弧の周囲から上方へ容易に逃れ得る故背圧を大とする事はない。

又前述の如く隔板 14 は下端に一列の溝 15 があつて、此處へ電弧を封じ込む仕組みであるから、之が電弧の位置や長さを限定するので、電弧電圧従つて電弧エネルギーを



第 2 圖

餘り大ならしめないので發生ガス量も少い。

消弧室に於ても電弧の位置にて發生ガスの量に大なる相違がある。

即ち、固定接觸部の周囲では之が最も多く、前述の如き背圧高昇の危険が多分にあるので、隔板の間隔を適當に廣くしてガスの脱出を容易ならしめてある。

次に投入操作は遮断操作を逆に行へば良いので別の投入用電磁弁が働くと 5 なる操作機構の氣筒の下部に圧縮空気が送られ ピストンは上昇して可動接觸部 3 を閉ぢる様に働く而して接觸部の閉ぢる瞬間に、12 なる空気弁が開いて圧縮空気を接觸部の部分に送り電弧を吹き消す様になつてゐる。

此の型の消弧室の消弧原理は擴散説 (Diffusion theory) によるとも言ひ變移説 (Displacement theory) によるとも言ふが兎に角大なる電弧電流を確實に遮断出来る様である。

此の遮断器を Westinghouse 社にて試験した成績を参考のため述べると

電圧は 13200 V で遮断電流は 1000 A から 52000 A 迄何回も連續遮断したが何れも完全に遮断した。

電弧繼續時間は半サイクル以下で接觸點の分離距離は僅に 50 精に過ぎない、音響も大した事はない。之等の試験の結果此の遮断器は定格電圧 11500 V 定格遮断容量 1500 MVA に十分耐えることを確め得た。

尚此の時使用した圧縮空気の壓力は 10 kg/cm<sup>2</sup> であった。

## 硼珪酸硝子の光弾性常数の実測

研究部 菅野正雄

### 内 容 梗 概

曩に報告せる“莖軸管用硝子内の内力分布”に於て、同硝子の光弾性常数  $\beta$  の値として、種々の考察から、 $\beta=3.11$  を假定したが、此の値は、比較的簡単なる実験により決定され得べきものなる故、その實測を行つた。

本文はその方法及び結果に就いて述べ、實測値が、曩に假定せるものと著しい相違のないことを示した。

### I 緒 言

筆者は曩に、真空管の莖軸管用硝子（硼珪酸系）を選定すべき一要件として、硝子と封入導線との膨脹係数の差より招來される歪の極力小なるべきことが挙げられることを述べ、種々の試料に就き、その殘留内力を計算する所があつた<sup>(1)</sup>。（此の文献を〔1〕と呼ぶことゝしよう）

その際、光弾性常数  $\beta$  は、未だ是を實測するに立到つて居なかつたので、種々の考察から取敢えず  $\beta=3.11$  と假定して計算を進めたのであつたが、最近これを實測する機會を得たのでこゝにその大要を報告する次第である。

### II 實測の方法

#### (1) 方法及び装置

測定は、Hull<sup>(2)</sup> の方法に據つたものであるが、壓縮

荷重の代りに、比較的容易な引張荷重を用ひた。

測定装置は、〔1〕に於て説明したるものと殆んど變りはなく、たゞ引張試験装置が附け加はるだけである。（第1圖参照）

試料は、その光弾性常数を知らんとする硝子と同一の硝子より作られた、第2圖に示す如き丸棒である。

荷重方法は、第3圖に示す如き挺子の原理による。即ち先づ任意の一定荷重  $w$  によつて試料に一定の張力を作用せしめておき、次に、 $D$  に於て既知荷重  $W_n$  を附加したとすれば、この時試料に作用する張力  $G_n$  は、挺子の理により、

$$w \cdot \overline{AB} - G_n \cdot \overline{BC} = W_n \cdot \overline{BD} \dots\dots\dots(1)$$

より決定される。同様にして他の既知荷重  $W_{n+1}$  を附加したる時は、

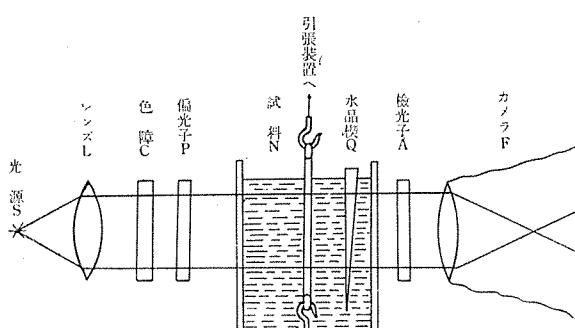
$$w \cdot \overline{AB} - G_{n+1} \cdot \overline{BC} = W_{n+1} \cdot \overline{BD} \dots\dots\dots(2)$$

となるから、(1) 及び (2) 式より、未知量  $W$  を逐ひ出せば、

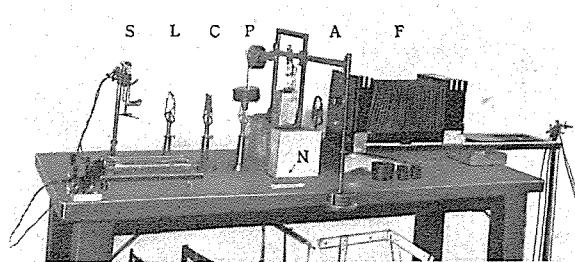
$$\left| G_n - G_{n+1} \right| = \frac{\overline{BD}}{\overline{BC}} \left| W_n - W_{n+1} \right| \dots\dots\dots(3)$$

なる關係が得られる。従つて、豫め  $\overline{BD}$  と  $\overline{BC}$  とを定めておけば、 $|W_n - W_{n+1}|$  の値より、 $|G_n - G_{n+1}|$  を算出し得るのである。

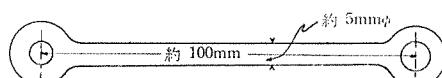
さて、上述の如くして、試料に荷重し、〔1〕に於て述べたると同様の方法にてその光弾性寫真を撮れば、荷重



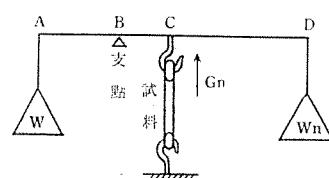
第1圖 (a)



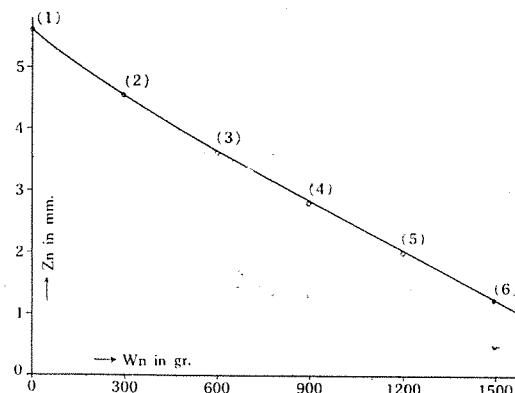
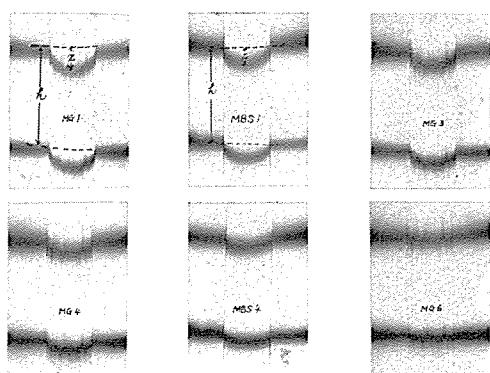
第1圖 (b)



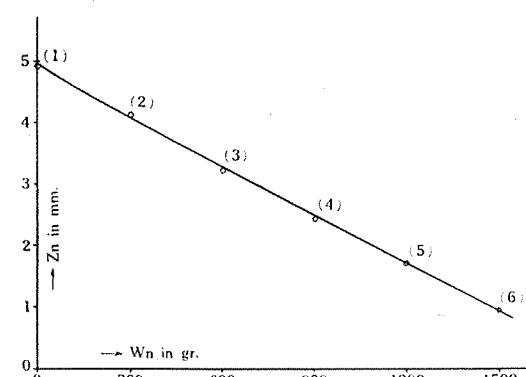
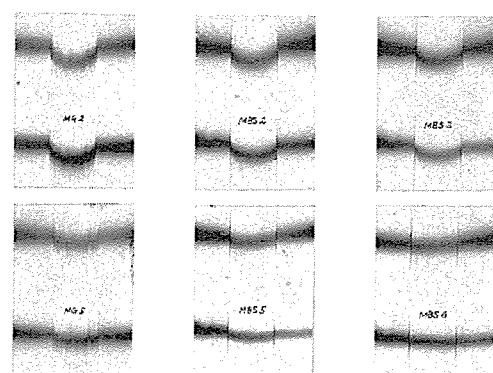
第2圖



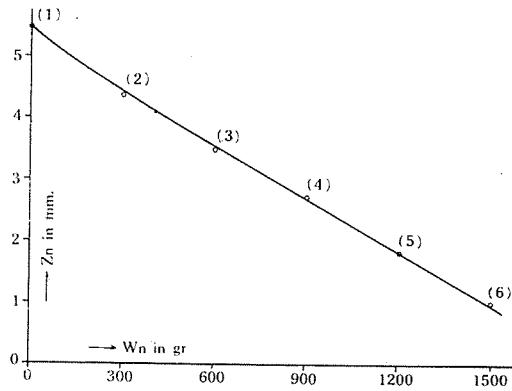
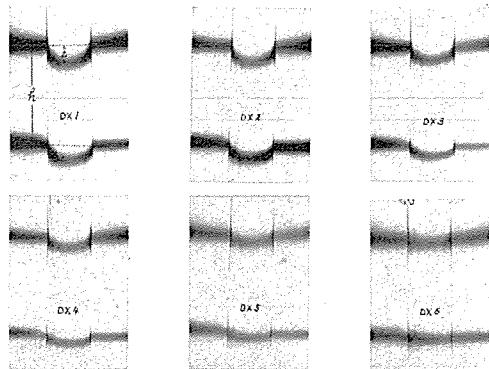
第3圖



第4圖(a)



第4圖(c)



第4圖(b)

$W_1, W_2, \dots, W_n$  に對應して夫々、寫真图形上の黒線の變位  $z_1, z_2, \dots, z_n$  が得られるであらう。而して、荷重と變位との關係は次の如くである。引張荷重  $G_n$  によつて生ずる試料内の内力は、半徑方向、切線方向及び軸方向に於て夫々、

$$(R_r)_n = 0$$

$$(\Theta\theta)_n = 0$$

$$(Z_z)_n = 400 \frac{G_n}{\pi d^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \dots \dots \dots (4)$$

[ $d$ : 試料の實直徑 (mm)]

であるが、内力  $(Z_z)_n$  による黒線の變位  $z_n$  は、[1] に於ける焼鈍試料に對する計算と同様にして、

$$z_n = \frac{2h\beta}{\lambda} (Z_z)_n \sqrt{\frac{d^2}{4} - x^2} \quad \left(0 \leq x \leq \frac{d}{2}\right) \quad \dots \dots \dots (5)$$

なる橢圓となる。茲に  $x$  は軸中心よりの距離  $h$  は相隣する二黒線間の距離、又  $\lambda$  は使用光源の波長 ( $\text{Å}$ ) を表はす。今後は  $x=0$  即ち軸中心のみを考慮することとする。然らば、(3), (4) 及び (5) 式より、荷重差  $|G_n - G_{n+1}|$  に對應する軸上の變位の差  $|z_n - z_{n+1}|$  は

$$|z_n - z_{n+1}| = 400 \frac{\beta h}{\pi d \lambda} |G_n - G_{n+1}| \quad \dots \dots \dots (6)$$

の如くなる。従つて、光弾性常数  $\beta$  は、(3) 式を參照して、(6) 式より、

$$\beta = \frac{\pi d \lambda}{400 h} \frac{BC}{BD} \cdot \frac{|z_n - z_{n+1}|}{|W_n - W_{n+1}|} \quad \dots \dots \dots (7)$$

の如く求められる。現在の裝置では、

$$\lambda = 5461 \text{ Å}$$

$$BD = 500 \text{ mm}$$

$$BC = 94 \text{ mm}$$

$$|W_n - W_{n+1}| = 0.3 \text{ kg}$$

ととつてあるから、

$$\beta = 26.9 \frac{d}{h} |z_n - z_{n+1}|$$

であるが、 $d \sim 5 \text{ mm}$  であり、又第4圖の寫真より明か

な如く

$$\frac{|z_n - z_{n+1}|}{h} \sim \frac{0.8}{30}$$

なる故

$$\beta \sim 3.6$$

となる。

### III 實測結果

*MG, DX* 及び *MBS* なる三種類の硼珪酸硝子に就き、上述の方法により、 $\beta$  を實測計算せる結果は、第4圖 (a), (b) 及び (c) に示せる如くで、夫々、

$$\beta_{MG} = 3.4, \quad \beta_{DX} = 3.4, \quad \beta_{MBS} = 3.6$$

[單位  $\text{Å/mm. (kg/cm^2)}$ ]

となつてゐる。而して是等は、曩に假定した値 3.11 と

著しい相違はないのである。

### IV 結 言

簡単なる實驗にて、硼珪酸硝子の光弾性常数を決定し大略、

$$\beta = 3.5 \quad [\text{Å/mm. (kg/cm}^2\text{)}]$$

なる値を得たが、これは曩に假定した値 3.11 と著しい相違を示すものではない。而して今後の計算には、この實測値を用ふべきことは言を俟たない。

終に臨み、御鞭撻を賜はつた堀研究部長、測定に關し種々有益なる示唆を戴いた大野課長並に、試料を供與された立原課長及び裝置に關し御高配にあづかつた尾島課長に厚く御禮申上げる次第である。

### 文

(1) 菅野: 三菱電機 17, 207 (昭16)  
應用物理 10, 15 (昭16)

(2) A.W. Hull & E.E. Burger:  
Physics 5, 394 (1934)

## 高速度引外し接觸子

### 付過電流繼電器

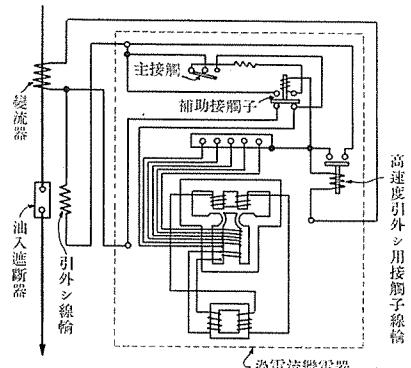
(三菱實用新案登録 第 313486 號)

誘導電動機回路の故障保護に使用する過電流繼電器は普通の誘導型過電流繼電器と瞬時動作型繼電器とを組合はせた特性を持つてゐる事が望ましいのである。之は誘導電動機の普通の起動電流では、繼電器を動作せしめず短絡其他に因る著しく大なる過電流でのみ、繼電器を動作させる必要があるからである。

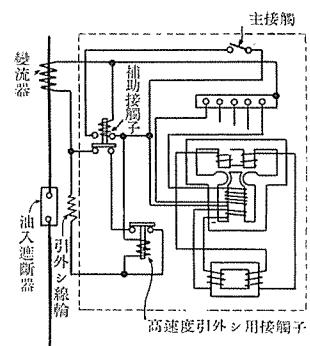
上記の目的に對しては、普通 COH リレーを使用すればよいのであるが、直流其他安定な引外し用電源無き場合は、故障電流をそのまま使用して、引外し線輪を動作させねばならぬ。

本考案は、交流直列引外しの場合の高速度引外し接觸子付過電流繼電器に關し、繼電器の主要素の外に、高速度接觸子を別に設け、回路電流が著しく増大した場合は主接觸の動作に先んじて、高速度接觸器が動作し、引外し回路を閉ぢたり、或は第二圖の様な場合には、引外し回路の短絡を外し、交流直列引外し線輪を附勢するものである。

要するに本案は、誘導型過電流繼電器に、高速度繼電器を附加し、高速度繼電器が動作した場合は、



第 1 圖



第 2 圖

誘導型過電流繼電器主要素の動作如何に拘はらず、直接或は間接に、油入遮斷器の直列引外し線輪を附勢する様した事を特徴とするものである。（中野）

# 水性瓦斯發生爐自動制御装置

神戸製作所 宗 村 平

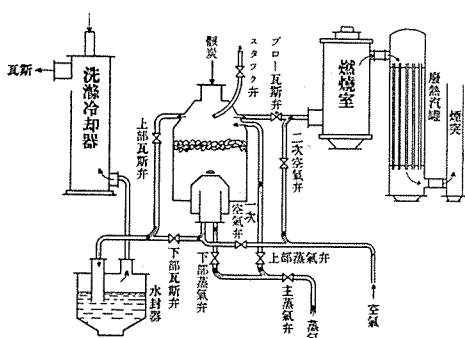
## 内 容 條 概

我國に於ても、今後化學工業の發達が大いに期待される折柄、化學工業機械の電氣制御は、電氣機器の製造者が研究努力す可き新しい分野と思はれる。三菱電機會社に於て最近開発完成した、水性瓦斯發生爐自動制御装置は、此の意味に於て我國に於ける新製品であると同時に、時局下重要な役目をするものである。

水性瓦斯と云ふのは、其の組成は水素( $H_2$ ) 50~55% 一酸化炭素(CO) 35~40%、炭酸瓦斯( $CO_2$ ) 5~7%、メタン( $CH_4$ ) 0.2~1.0%、窒素( $N_2$ ) 3~5%で、主なる用途としては人造石油(石炭液化及び合成石油)、高級揮發油、メタノール合成、アンモニア合成(硝酸、硫安其他用)、油脂の硬化、燃料等に用ひられ、時局下其の需要は益々増加しつゝある。この水性瓦斯は、石炭又は骸炭を原料とし、發生爐内に於て加熱炭素に水蒸氣を作用させて發生させるのであるが、こゝに述べる自動制御装置は、この水性瓦斯發生爐を安全に能率よく運轉する爲の自動制御装置で、我國に於ては最近の開發にかかる新製品である。

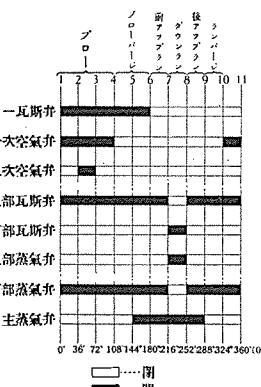
## 水性瓦斯發生爐

第1圖は水性瓦斯發生爐の一例で、(ア)は其の構造及作業の要領を示し、(イ)は其の作業階程を示すものである。これらは原料や其の發生瓦斯の用途に對する成分等に應じて相違するものである。ブロー瓦斯弁、一次空氣弁、二次空氣弁、上部瓦斯弁、下部瓦斯弁、上部蒸氣弁、下部蒸氣弁、主蒸氣弁の8個の作業弁があつて、ブロー、ブローパージ、前アツプラン、ダウラン、後アツプラン、ランパージの6作業階程にて一作業周期を成し、これを繰



(ア)  
水性瓦斯發生爐

第1圖



水性瓦斯發生爐作業階程

返すことによつて水性瓦斯を製造する様になつて居る。

ブロー階程に於ては、爐底から空氣を送入して、爐内の燃料層を加熱燃焼する。此の場合に發生する瓦斯即ちブロー瓦斯は、爐上部から出て、燃燒室、廢熱汽罐を経て、煙突から大氣中へ放出される。ブロー階程の一部期間に、燃燒室に二次空氣を送入し、ブロー瓦斯中の一酸化炭素を燃焼せしめる。上部瓦斯弁は開いて居るが、水封器の抵抗の爲に、ブロー瓦斯は、上部瓦斯弁を通つて瓦斯冷却器に入ることはない。

ブローパージ階程に於ては、爐底から吹込む蒸氣によつて、爐内に殘存するブロー瓦斯を追出し、次に行ふラン即ち水性瓦斯製造階程に、ブロー瓦斯が水性瓦斯に混入せざる様にする。

前アツプランの階程に於ては、ブローパージ階程と同様に蒸氣を爐底から吹込み水性瓦斯を製造する。この場合には、ブロー瓦斯弁は閉ぢて居るから、水性瓦斯は水封を潜り、瓦斯冷却器を通つて、水性瓦斯共通主管に入る。

ダウラン階程に於ては、切替弁によつて、蒸氣の通過方向を逆にする、即ち蒸氣を爐上部から吹込み、發生する水性瓦斯は、爐底の下部瓦斯弁から出て、水封器を潜り、瓦斯冷却器に入る。

後アツプラン階程に於ては、作業弁の状態は、前アツプランの場合と同様である。此の作業階程を行ふ理由は、ダウランで出來た水性瓦斯が、爐底部に殘存するから、其儘直ちにブローに移つて送風すると、爆發の危険があるので、蒸氣で置換を行ふ必要があるからである。

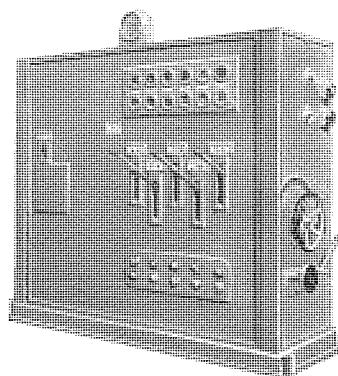
ランパージ階程に於ては、空氣を爐底から吹込む。ブロー瓦斯弁は閉ぢて居るから、爐内に殘存する水性瓦斯は、空氣によつて押出され、上部瓦斯弁から出て瓦斯冷却器へ送られる。スタック弁は、廢熱汽罐を使用しない時や試運轉の場合等に使用されるものである。

## 自動制御装置

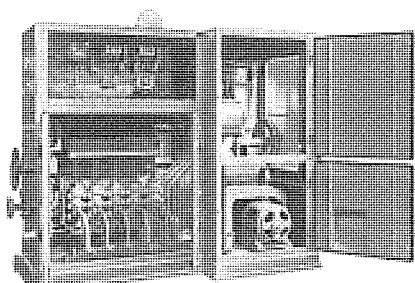
水性瓦斯發生爐自動制御装置は、以上の作業階程に於て各作業弁を自動的に正しく動作させ、各作業階程を表示し、又若し故障の場合には、安全に作業を停止し、且保護する役目をするものである。

自動制御装置としては種々の型式のものが考へられるが、こゝに述べるものは、其の主要部が電動機操作によるものである。第2圖は其の正面の寫真で、第3圖は其の内部の寫真である。即ち同期電動機操作のカム軸にて選擇弁を開閉し、壓油を断續することによつて中間操縦弁を動作させ、これにて更に壓油を断續して、次の作業弁を動作させる。中間操縦弁及作業弁の構造は、何れも其の壓油筒の一方は恒圧を受け、他の一方に油壓を加へ或は除けば、これらの油壓を受けるプランジャーの受壓面積に差があるので、プランジャーが移動して、弁の開閉動作を行ふ様になつて居る。油壓は 35 気圧もあるので弁の強度、構造、パッキング等には特別の注意が必要である。第4圖は選擇弁、中間操縦弁、作業弁の動作關係要領圖である。選擇弁と中間操縦弁とは制御装置主体に納めてある。第5圖は制御装置主要部の動作要領圖である。同期電動機は減速歯車を経て、一方に於ては換歯車をして周期盤を驅動し、他方に於ては一回轉クラツチを介して、選擇弁のカム軸及回轉切換開閉器を驅動する。

周期盤は一組の換歯車に對しては、一定の回轉速度で廻り續け、即ち一作業周期に相當の時間を以つて一回轉

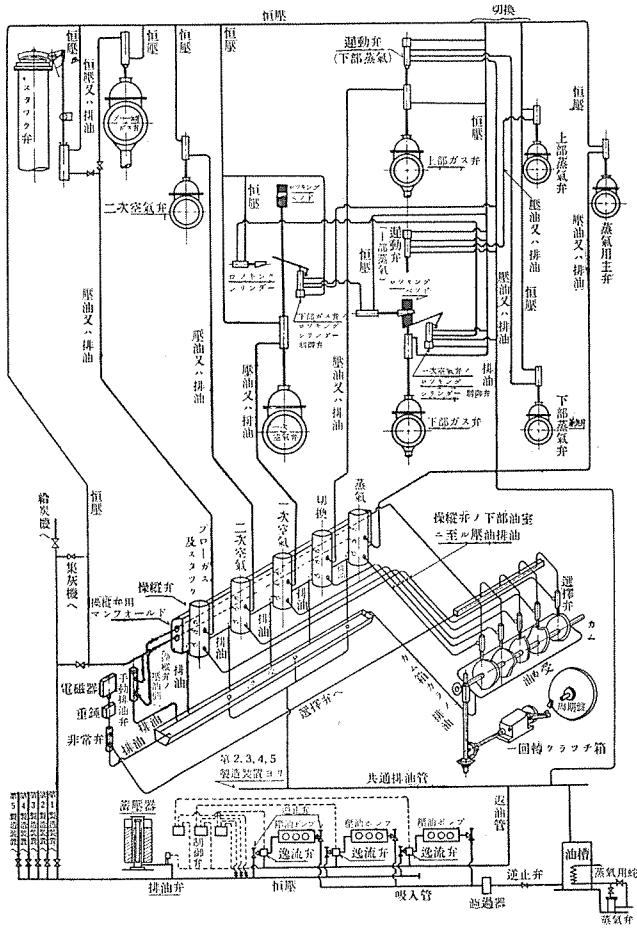


第 2 圖

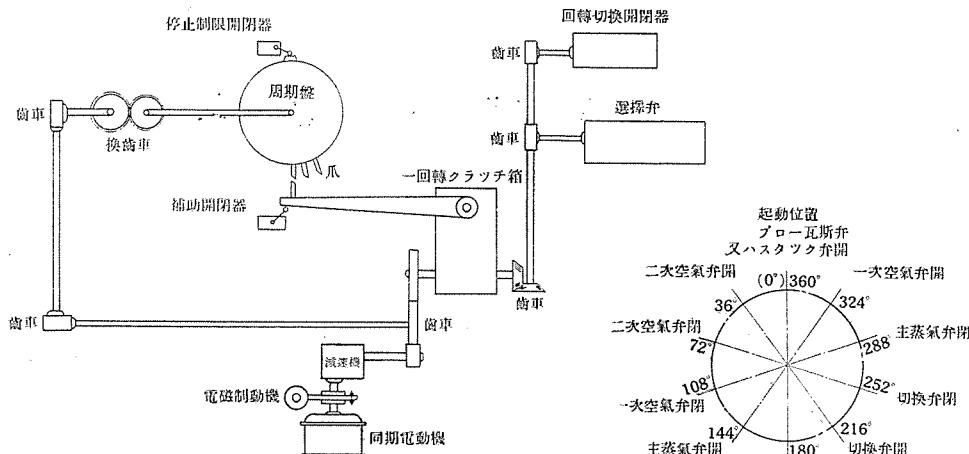


第 3 圖

を行ひ、其の圓周上に植えられた爪にて、一回轉クラツチの腕を蹴る様になつて居る。一回轉クラツチは平常はクラツチが外れて居り、周期盤上の爪にて腕を蹴られる度毎にクラツチがかゝり、其の度毎に軸は一回轉支して停止する。一回轉クラツチ軸の一回轉に對して選擇弁のカム軸及回轉切換開閉器は  $1/10$  回轉支する様になつて居る。周期盤上の爪の數と其の間隔は、一作業周期に於ける作業階程の數及時間に相當する様になつて居るので、周期盤の一回轉により選擇弁はカム軸によつて一周期中の作業階程に相當の開閉動作を行ふ譯である。從つてこれに伴ひ中間操縦弁及作業弁も同様の開閉動作を行ふ。選擇弁の操作カム軸には指示器が附いて居て、各作業階程を指示する。使用原料及製造瓦斯の組成に應じて、各作業階程の時間及一周期の時間等は變更する必要があるが、これはそれぞれ周期盤上の爪の間隔位置及換歯車を取換へることによつて目的を達せられる。各作業弁には制限開閉器が附屬して居て、信號灯を點滅して弁の開閉状態を表示し、又回轉切換開閉器と協同して弁の動作時間及順序を常に點検し、若し誤動作があれば直ちに安全裝置が作動する。制御装置主体内に、一個の非常弁があつて、平常は電磁石にて保持されて居るが、故障で安全裝置が作動した場合や、停止釦を押した場合等には重錘が

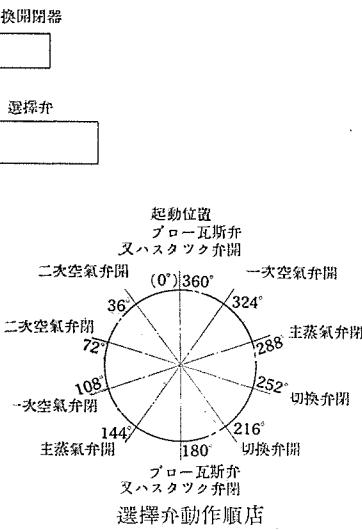


水性瓦斯發生爐自動制御装置作業系統圖



第 5 圖

落下して、非常弁を閉じ、蒸氣弁以外の選擇弁への壓油を遮断するので、中間操縦弁及作業弁は直ちに待期位置に復歸して作業を中止し、周期盤が最初の起動位置に歸ると、電動機は電源から切放され、電磁制動器が作用して、制御装置は停止する。此の場合には警報が鳴る。尙此の外に、制御装置主体内には、一個の排油弁があり、前記の如くして作業中止後に、此の排油弁の把手を手動の位置に動せば、警報は鳴り止み、蒸氣弁が復歸し、中間操縦弁の恒圧側の油壓が除かれるから、手動操作把手によつて、手動作業を行ふことが出来る。此の手動作業時の便宜の爲に、一個の周期時計を備へて居る。以上の如く作業階程中の如何なる瞬間に停止鉗を押し、或は安全装置が動作しても、作業弁は待期位置に復歸し、制御



轉装置も最初の起動位置に歸つて停止するから、自動運を再起動するには、排油弁及非常弁の把手を自動運轉位置に入れて、起動鉗を押せばよい。

安全装置として、前記の外に、重要作業弁相互間と、操縦弁の手動操作把手相互間には、それぞれ誤動作を防止する爲の インターロック 装置を設けてあり、又保護繼電器等を備へて居る。弁の操作に必要な油壓不足の場合、爐内へ吹込む空氣の

壓力不足の場合等にも、保護繼電器が作動して作業を中止し、警報を鳴らす。水性瓦斯發生爐に於ては、水素含有量の多い水性瓦斯、空氣、火氣を取扱ふので、若し作業中に誤動作をすれば、爆發等の危険があるので制御装置に於ても、其の動作の確實性と云ふ事柄は、特に重要な事柄である。

以上述べた水性瓦斯發生爐自動制御装置は、從來我國に於ては、此の種の製品が無く、新らしい製品であるが今後我國に於ても、化學工業の發達が大いに期待される折柄、此の種化學工業機械の電氣制御は、電氣機器の製造者が研究努力す可き新しい分野であらうと思はれる。

# 水冷式冷凍機と其の應用

名古屋製作所 河合 武彦

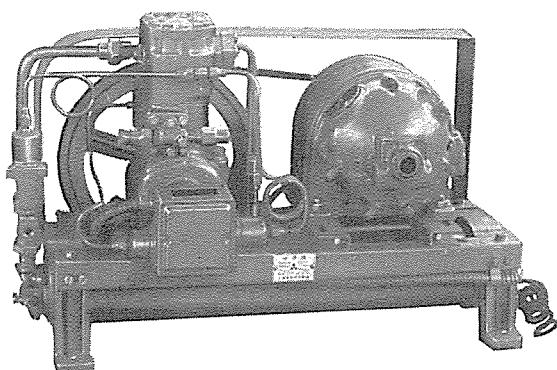
## 内容梗概

大東亜戦時下日本に於て食糧の確保は、内地外地を問はず一瞬も忽せに出来ない緊要事である。食糧の輸送、貯蔵に重大任務を果しつゝある冷凍機について其の構造、性能を論じ、特に屢々故障の原因となる瓦斯止め装置の改良等に言及し、最後に冷凍機を冷蔵庫に應用する場合の容量決定法の概略を述べた。

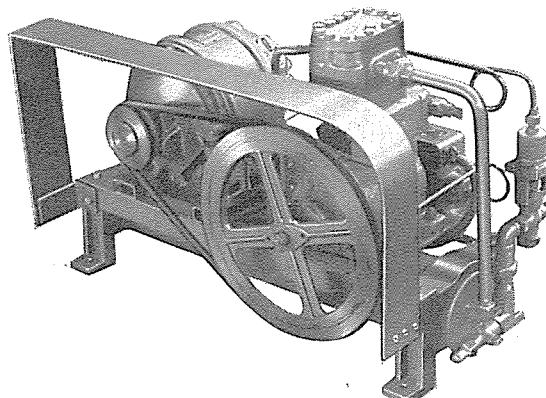
## 緒論

東は太平洋の亞米利加沿岸から、西は遠く印度洋の果まで、「月月火水木金、土曜日曜あるものか」と夜に日を繼いだ猛訓練の結果が如實に示されて居る大東亜戦争の最中に、國內食料品の確保は軍の作戦の一部であるとして、多忙な軍需物資輸送の間にも、食料品の輸送に務めて居られる陸海軍の親心は吾等銃後の國民の忘れてはならない重要な事である。

さて此の食料品の輸送、貯蔵に汽車があり、船があり、倉があつた丈では充分とは云へないのである。



第1圖 CW-350 H型水冷式冷凍機



第2圖 CW-350 H型水冷式冷凍機  
(單相交流 ½ HP 電動機付)

科學の世の中とは云ひながら、人間たるもの、殊に四面海に囲まれた瑞穂の國に育つた日本人には、生鮮な野菜、魚貝は必要缺くべからざるものであり、活動力の根源である。

然らば此の力の素とも云ふべき野菜や魚肉を、如何にして新鮮さを保たせつゝ遠く大東亜戦争の戦場に、運搬して、前線の將兵に、或は長期貯蔵を全ふして銃後の國民に英氣を養はせるか、此處に於て冷凍機の重要性が舞台の上に大きく現はれるのである。

此處に冷凍機に關して小文を掲げ、以て廣く認識を深め以て、冷凍機の有効なる利用を促進せんとするものである。

## 構造

冷凍機を驅動方法により

1. ベルト 運轉型
2. 直結運轉型

に分類出来る。

1. ベルト 運轉型は壓縮機と電動機とを共通台の上に別箇に据付けてVベルトで運轉する型で、電動機は電源によつて交流又は直流電動機を使用し電動機の型式も適當なものを選ぶことが出来る。

2. 直結運轉型とは、電動機と壓縮機を一体として構成し、電動機は冷媒瓦斯氣中にて使用し普通籠形誘導電動機を使用し、冷凍機は小型にして大馬力のものが得られ、瓦斯洩れの恐れのない新らしい型である。

凝縮方法より分類すれば、

1. 空冷式
2. 水冷式

に分類出来る。

空冷式とは壓縮瓦斯を空氣を以て冷却し、液化させるものであり、水冷式とは、空氣の代りに水を以て冷却するものである。

本文に於ては、ベルト 運轉型水冷式冷凍機について説明し、後日稿を更めて空冷式に言及することとする。

(第1圖及第2圖参照)

CW型水冷式冷凍機は圧縮機、電動機、凝縮器兼液溜の三つの部分から成り、圧縮機と電動機は凝縮器上に設置され、Vベルトで連結せられる構造となつて居る。(第3図参照)

圧縮機は内部構造圖に示す如く、堅型單動、2氣笛壓縮機にして、シリンダ側面から冷却器からの戻り瓦斯を導き弁板を通じてシリンダに吸入し、シリンダカバを通して圧縮瓦斯を吐出し、凝縮機に壓入し、圧縮器内にコイル状に巻いた冷却水管内の水によつて液化するものである。

此處に特に注意すべきは、クラク室から軸受支えを通つてクラク軸が外に出て居る部分の瓦斯止め装置の構造である。此の種開放型冷凍機の最も故障を起し易い部分は此の瓦斯止め部分であつて、冷凍機製造業者の惱の種であり、使用先の支出費の大部分は、此の部分の故障による修理、瓦斯入れ費用であると云ふても好い位に困難な所である。

本冷凍機は此の點に研究を重ね、動作確實にして、永續性があり、取換、修理、手入簡単な方法を考案し、當社獨特のものを使用してある。

CW型水冷式冷凍機の大きさ及び主要部の寸法は第1表の通りである。

以上何れも壓力繼電器を備へ、吐出瓦斯、吸入瓦斯の壓力によつて作動し、電動機の起動停止を行ひ、自動運轉をなす構造となつて居る。

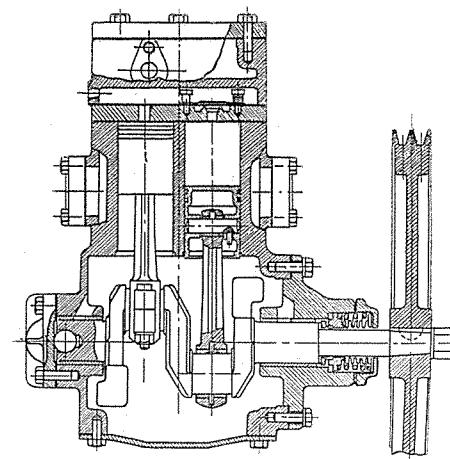
CW-35 H型(單相1/2馬力)は250ボルト、5アンペア程度の壓力繼電器で直接に起動停止をする事が出来るから、起動器は使用していないが、CW-3200 R型、CW-3300 T型に於ては、EC-15型直入起動器を付属させ、壓力繼電器によつて動作させることになつて居る。

## 特徴

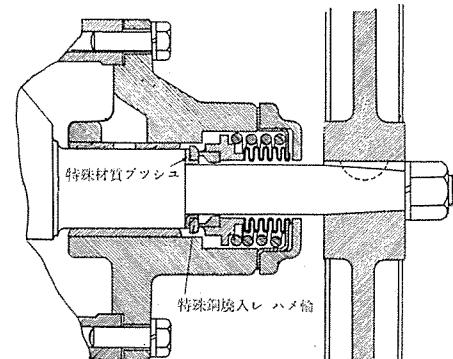
1. 各部分品共、精選せる材料を使用し、完全なる治具、工具を使用し、正確に加工し、特に嵌合部分、滑動部分は日本標準に據つて居るため、部分品の組立に無理が無い。

2. 鑄物部分は嚴重な氣密試験に合格したるもののみを使用し、ネジ底部分からの瓦斯洩れに至る迄注意してあるから、安心して使用出来る。

3. 瓦斯止め装置 此の種冷凍機に於て、最も重要な部分は此の瓦斯止め装置であり、大半の故障は、瓦斯止



第3圖 圧縮機内部構造圖



第4圖 瓦斯止メ装置構造圖

め装置にあると云つても過言では無いのである。

一般の瓦斯止め装置は、クラク軸の段落を利用して、當り面を構成させて居るために、此の當り面が不良となつた時に壓縮機を分解して手直しをする必要があつた。此の部分は相當の力を以て壓しつゝ、且つ高速度に回轉するものであるから、常に平滑面を保たせるのは困難であり、特にクラク軸の段落を利用する程度では不完全と云はねばならぬ。

本冷凍機に於ては、此の點に着目し、久しうに亘り研究、試作を續け、遂に完全な構造を案出し、(實用新案を得て實施中)、好評を得て居るのである。

即ち第4圖に見る如く、クラク軸の段落に特殊ブッシュを装着し、特殊鋼焼入のハメ輪を用ひ、平滑面を構成させ、滑り面としてあるのである。此のために、萬一滑り

第1表 CW型水冷式冷凍機寸法(耗)  
(冷媒としてのメチルクロライドを使用した時)

型名	全巾	奥行	高さ	電動機	圧縮機回轉數	ピストン徑	行程	配管			Vベルト	概略重量
								吸入口	液出口	冷却水		
CW-350H	800	360	490	單相1/2馬力	490每分	45	47	1/2"	1/4"	3/8"ガス	A型1本	90kg
CW-3200R	1,040	490	710	三相2馬力	490每分	58	85	1"	1/2"	3/8"ガス	B型2本	255kg
CW-3300T	1,250	580	810	三相3馬力	375每分	85	100	1"	1/2"	1/2"ガス	B型3本	370kg

面が平滑でなくなつた場合、圧縮機を分解することなく、ハメ輪を取り外して、定盤上に置き、ラッピングすることにより直に平滑面となし得るのである。瓦斯止め装置は一種の消耗品であるから、豫備品を備へて置けば數分間にて完全に取り換へが出来る。特に船舶に使用して、航海中にも手早く、完全に修理が出来る事は一大特徴と云ひ得るものである。

4. 冷却水の一部を以て、シリンダカバを冷却し、シリンダヘッドの過熱を防ぎ、吸入瓦斯の冷氣を以て、シリンダ壁を冷却し、シリンダ壁の過熱を防ぎ、ピストンの焼付を防ぐのであるから、連續運転によく耐える。此の構造はクランク室の構造を稍複雑にすれども効果に於ては、斷然優れて居るものである。

シリンダ壁を冷却すると共に、吸入瓦斯中に霧状に混入した油滴を、急激なる方向轉換によつて分離する事も見逃し難い特徴である。

5. 完全自动操作を行ふことが出来る。人力不足の折柄、自動操作を行ふことは特に必要であり、吐出壓力によつて冷却水量を調節し、危険壓力に至れば電動機を停止させ、冷却室温に對する吸入壓力を常に一定に保ちながら、全自动操作を完全に行ふことが出来る。CW型水冷式冷凍機は必要な部分品一式を附屬してあるから、

配線をするのみによつて簡単に運転が出来る。

### CW型水冷式冷凍機容量

CW型水冷式冷凍機は冷媒として、亞硫酸瓦斯( $\text{SO}_2$ )、メチルクロライド( $\text{CH}_3\text{Cl}$ )、フレオン( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ )の何れを使用しても差支へなく運転出来るが、各冷媒に對して、最も理想的な状態で運転することが必要である。此處には現在の最も普及した冷媒であるメチルクロライドを使用した時の冷却容量を第2表に示す。

冷凍機設計に當り、冷却容量と、冷却水量、凝縮器表面積は密接な關係がある。冷凍機の冷却容量が不足する場合、冷却水量を増すことによつて、或る程度迄容量を増大出来るし、凝縮器の冷却表面積が不足した場合にも此の事が云へるが、自ら限度がある。

CW型水冷式冷凍機は此の關係を研究の上設計してあるから、最も經濟的に運転出来るもので、冷却水量が少くてすむ。

### CW型水冷式冷凍機試験要領

#### 1. 部分品検査

各部分品は狹範工作法によつて正確に仕上げ、各部分共測範により検査してある。

第2表 CW型水冷式冷凍機  
容量表(メチルクロライド使用)

吸 入 ガス 温 度 °C	冷却水温度 °C	容 量 kcal/H		
		CW-350H型 単相 1/2馬力	CW-3200R型 三相 2馬力	CW-3300T型 三相 3馬力
-8.0	1.925	37.5	1,200	3,430
		32.0	1,250	3,550
		26.5	1,310	3,710
		21.0	1,360	3,860
		15.5	1,410	4,010
-9.0	1.854	37.5	1,150	3,280
		32.0	1,200	3,400
		26.5	1,250	3,530
		21.0	1,310	3,680
		15.5	1,360	3,830
-10.0	1.784	37.5	1,100	3,150
		32.0	1,150	3,280
		26.5	1,200	3,410
		21.0	1,250	3,550
		15.5	1,290	3,710
-11.0	1.718	37.5	1,070	3,010
		32.0	1,120	3,150
		26.5	1,150	3,280
		21.0	1,200	3,400
		15.5	1,240	3,540
-12.5	1.620	37.5	1,005	2,810
		32.0	1,040	2,940
		26.5	1,080	3,060
		21.0	1,120	3,190
		15.5	1,170	3,330
-14.0	1.528	37.5	930	2,610
		32.0	970	2,720
		26.5	1,000	2,850
		21.0	1,045	2,980
		15.5	1,090	3,100

○上記数値は熱交換器を使用したる時の値なり

○工場試験に於ては上記数値の90%以上を合格とす

第3表 CW型水冷式冷凍機冷却水量

吸 入 ガ ス 温 度 °C	冷却水入口 温度 °C	水 量 立/時		
		CW-350H型	CW-3200R型	CW-3300T型
-8.0	1.925	37.5 26.5 15.5	212 170 144	595 480 405
		37.5 26.5 15.5	197 159 133	556 448 382
		37.5 26.5 15.5	182 144 121	500 405 348
-10.0	1.784	37.5 26.5 15.5	160 129 110	440 360 315
		37.5 26.5 15.5	160 129 110	830 680 580
		37.5 26.5 15.5	160 129 110	1,110 895 750
-12.5	1.620	37.5 26.5 15.5	160 129 110	1,030 830 705
		37.5 26.5 15.5	160 129 110	940 757 645
		37.5 26.5 15.5	160 129 110	830 680 580

第3表は大体の標準を示すもので、外気温度、冷却容量等により多少の変化がある。

冷却水入口温度と出口温度は大体右表の通りになる。

冷却水入口温度	冷却水出口温度	温 度 差
15.5°C	27.5°C	12.0°C
26.5°C	36.0°C	9.5°C
37.5°C	45.0°C	7.5°C

## 2. 鑄物部分

使用個所によつて試験壓力を異にして居るが、陸上用及び一般用に對しては  $15 \text{ kg/cm}^2$ 、船舶及び特殊用途のものに對しては  $21 \text{ kg/cm}^2$  の氣壓試験を施し、瓦斯洩れを検査してある。

## 3. 無負荷試験

各部分品の検査合格品を組立、無負荷運轉を行ひ、電動機及壓縮機の電力及び各部の溫度等を記録す。

無負荷運轉試験は3時間以上施行し、且つシリンダ溫度と室温の差が一定となる迄行ふ。軸受、シリンダ壁の溫度は外部より寒暖計にて測定す。

## 4. 壓縮試験、吸入試験

無負荷試験に合格したるものは、壓縮試験及び吸入試験を行ひ、壓縮機の性能を測定する。

壓縮試験は壓力  $14 \text{ kg/cm}^2$  に達するまでの所要時間を測定するものであり、吸入試験は吸入能力を測定するのであるが、使用タンクの大小により時間的に差を生ずる。

此の試験は無負荷試験に於て好成績の壓縮機でも、實際に壓縮機として使用したる場合、結果の悪いものがあり、且つ製品を或る一定の規準に置くためには是非必要な試験であるから、多大の時間と費用とを要するが、一個一個について試験を實施して居る。

## 5. 運轉試験

最後に冷媒を入れ、凝縮器を取りつけ、實際の使用状態に於て試験を行ふ。

此の方法は種々あるが、現在の所、工場内に負荷ブランク槽を設け、冷凍機の容量に應じた冷却器を中に入れ、冷凍機を運轉し、負荷ブランクを冷却すると共に、

電熱にて加熱し、加熱電力と、ブランク溫度の變化から容量を算出するのである。

## CW型水冷式冷凍機の用途

CW型水冷式冷凍機は陸上用として設計してある。船舶用として冷却水に海水を使用する必要ある場合には凝縮器内の冷却管に、海水中に含まるゝ種々の物が管内に固着するため推奨出来ない。

陸上用には主として食品貯蔵用の冷蔵庫に用ひるのである、冷蔵庫の大きさは、内容物、絶縁材料、冷蔵庫の工作の程度、内容物の出入回数、周囲の溫度、冷蔵庫内の冷却溫度によつて變化するものであるが、大体の見當は次の通りである。

型 名	冷 藏 庫 外 形 尺 法		
	正 面 の 幅	高 さ	奥 行
CW-350H型	2 m	2 m	1 m
CW-3200R型	3 m	2.5 m	2 m
CW-3300T型	5 m	2.5 m	3.5 m

上表は庫内溫度  $-5^\circ\text{C}$ 、絶縁に3吋コルク板を用ひたものであるが、是を以て冷蔵庫の大きさの標準とする事は出來ない

## 冷蔵庫の大きさ設計方法

冷蔵庫の大きさを決定すること、冷蔵庫の必要とする冷凍機を選定することは、計算式の正確さも必要であるが、経験による數値が特に必要である。

設計方法は何れの業者に於ても同一であるが、その計算方法中の定数の決定方法は夫々相違し、此處に詳細発表することは控へるが、大体の計算方法を記せば、次の

如くなる。

### 1. 箱の大きさを決める

是には内容積を基とした外側寸法で表はす。即ち内容積に絶縁の厚さを加へ、外箱の寸法を加へたものが外側寸法となるのである。

### 2. 热漏洩量の計算

箱の周囲の面積を計算し、絶縁の厚さによる熱漏洩係数を掛けて熱の漏洩を計算するのである。

例へば3吋のコルクを以て絶縁した面の表面積が  $A\text{m}^2$  であるとし、此の熱漏洩係数を  $K\text{kcal/cm}^2 \text{ day}$  とし、庫内温度を  $t_0$ 、外気温度を  $t_1$  とすると3吋コルク絶縁部からの漏洩量は

$$A \times K \times (t_1 - t_0) \text{ kcal/day} \text{ で表はせる。}$$

### 3. 内容物を冷却するに要する熱量計算

一日に冷蔵すべき物の重量を算出し、庫内に持ち込む前の温度と、冷蔵する温度を知れば、比熱によつて冷却容量を算出出来る。此處に注意すべきは、魚肉類が氷結する前と氷結後に於て比熱が異なる點である。

此處に冷蔵すべき物の一日の量を  $W\text{kg}$  とし、庫内温度を  $t_0$ 、庫外にある時の温度を  $t_1$  とし、比熱を  $0^\circ\text{C}$  に至る迄を  $S_1$ 、 $0^\circ\text{C}$  以下の時を  $S_2$  とすれば、熱容量は次の如くなる。単位は  $\text{kcal/day}$  で表はす。

$$S_1 \times W \times t_1 = 0^\circ\text{C} \text{ 迄冷却するに要する熱量}$$

$$S_2 \times W \times t_0 = t_0 \text{ 迄更に冷却するに要する熱量}$$

### 4. 庫内空氣の交換に要する熱量計算

冷蔵庫は使用方法によつて異なるが、一日に數回乃至十数回或はそれ以上開閉するものである。此の開閉の都度、外気が混入し、冷凍容量増大を必要とするのである。此の庫内空氣の交換回数を決定するには、経験より算出しなければ不可能である。此の回数を  $N$  回とし、外気温度を  $t_1$ 、庫内温度を  $t_0$ 、 $1\text{m}^3$  の空氣を溫度  $1^\circ\text{C}$  冷却するに要する熱量を  $K_A\text{kcal}$  とし、庫内容積を  $V\text{m}^3$  とすれば、庫内空氣交換に要する熱量計算は次の通りになる。

$$[K_A \times V \times (t_1 - t_0) \times N] \text{ kcal/day}$$

### 5. 冷凍機の決定

以上第1項から第4項迄の熱量計算の合計が、此の冷蔵庫の毎日要する冷却容量である。

此の容量を24で割つて、冷却機の容量と照し合せて冷却機を決定するのは誤りであつて、此の方法であると庫内に入れた品物を一日掛りにて冷却する事になり、實際に於ては使用不可能になるのである。一般に一日の冷却所要容量を 10~14 で割つて冷却機の容量として居るのである。即ち冷却機は1日 10~14 時間の運転をする様に設計するのである。

以上述べた事は一般的の事であつて、一つ一つを正確に計算する事は時間的に不經濟であるばかりでなく、理論通りには行かないものであるから経験による資料を備へ、至極簡単に計算出来る様に準備し置き需要元の御要求によつて、適當な冷蔵庫を供給する事が普通である。

## 結 言

以上述べた如く、冷却機は日常生活、殊に食料品の冷蔵、保管、運搬に缺く事の出来ないもので、家庭用冷蔵庫に於てさへ、氷の補給は相當の手數を要する點から考へても、大型冷蔵庫に於て、氷を使用する事は不可能に近く、常に庫内温度を一定に保つ事に至つては冷却機を使用せずしては不可能と云ふべきである。

斯る重要な冷却機を製作販賣する業者は、優良なる機械を供給するは勿論、世の需要者の意見を容れ、益々設計工作の改良に精進し以て完全なる冷却機の製作に邁進すべきである。

此處に此の稿を終るに當り、御使用者の忌憚なき御意見を切に希望する次第である。