

三菱電機

第18卷 昭和17年3月 第3號

内 容 目 次

真空管による可變電圧制御	93
Heaviside 演算子法に対する新しい考察と その電気回路解析に於ける應用	97
制限スパンの設定法	103
三菱 MG-450 型横研磨盤に就いて	109
大容量液體抵抗器に就いて	114

三菱電機株式會社

三菱電機

第十八卷

昭和十七年三月

第三號

真空管による可変電圧制御

神戸製作所 川上俊二
近藤敬吉

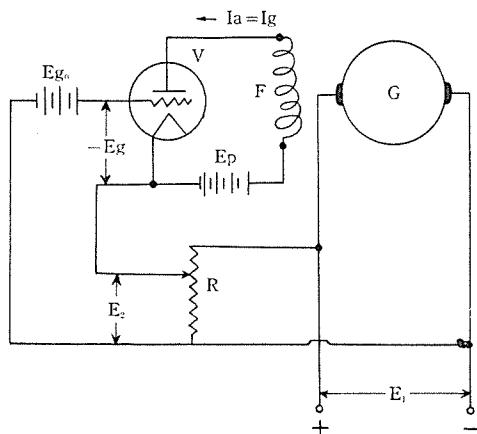
§ 1. 緒言

真空管應用の自動調整器に關しては既に多くの發表があり、その原理及動作に就ては夫等の論文に詳細に説明せられてゐるので、今更事新しく此處に取上げて説明する必要は無いと考えるので、夫等論文の代表的なものを二三擧げて説明は抄略することにする。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾ 然るにこれ等論文の多くは定電圧調整が主であつて、これを可変電圧に應用した例は甚だ少い様に見受ける。幸當社に於ては〇〇キロワット、及〇〇〇キロワットの此種装置としては大容量機の制御に本装置を應用する機會を得たので、此處に其概要を御紹介する次第である。

§ 2. 可変電圧制御法の概要

真空管調整器の代表的回路を擧げれば第1圖の如くである。

第1圖に於て分壓器Rに依り發電機端子電圧 E_1 は分壓せられて E_2 となり、標準電圧 E_{g_0} を相殺して真空管の制御格子に偏倚電圧 $-Eg$ を與へてゐる。



第1圖

即ち

$$Eg_0 - E_2 = -Eg \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

然るに負荷に依り發電機の端子電圧 E_1 には $\Delta\varepsilon$ の變化が起るのであるから

$$E_2 \pm \Delta\varepsilon' = \frac{b(E_1 \pm \Delta\varepsilon)}{a} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

従つて

$$Eg_0 - (E_2 \pm \Delta\varepsilon') = -Eg \mp \Delta\varepsilon' \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

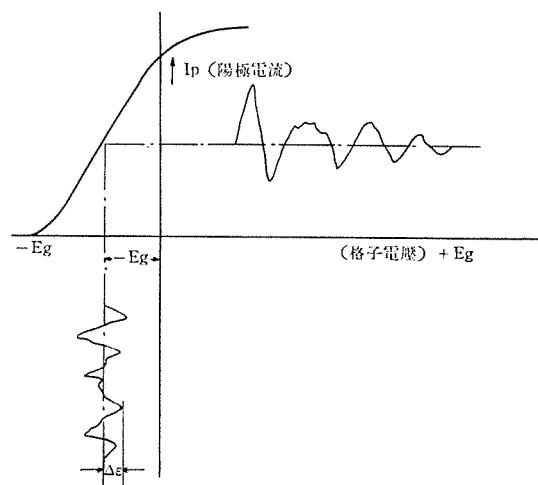
即ち發電機の端子電圧が負荷に依り下れば真空管の制御格子に加はる電圧は正に移動し、陽極電流が増加して端子電圧の低下を補足するのである。これを圖示すれば第2圖の如くである。

然るに今分壓器を加減して分壓比 $\frac{b}{a}$ を變化せしめ、例えは

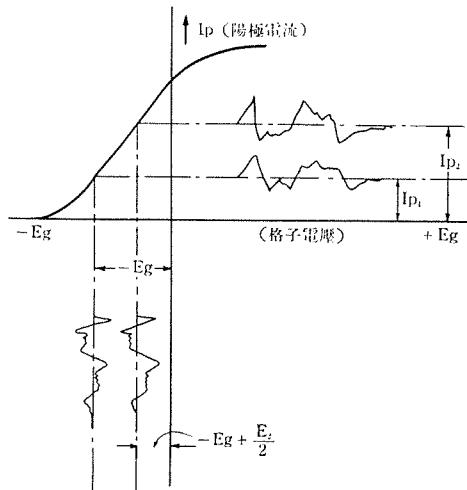
$$E_{20} = \frac{b}{2a} \times E_1 \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

とすれば(1)式は

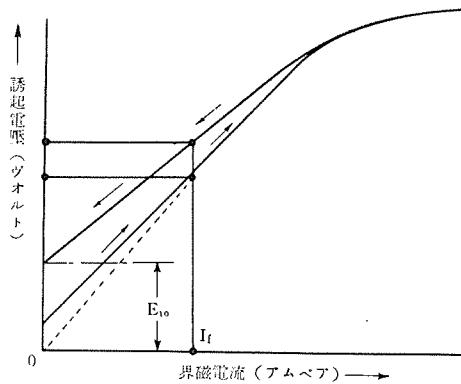
$$Eg_0 - \frac{E_2}{2} = -Eg' = -Eg + \frac{E_2}{2} \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$



第2圖



第 3 圖



第 4 圖

となる。即ち之を圖示すれば第3圖の如くなる。

即ち I_{p1} は I_{p2} に變化する事になるから發電機の端子電圧 E_1 も變化する事になる。斯して分壓比 $\frac{b}{a}$ を小又は大とする事に依り發電機の端子電圧を調整する事が出来る。而して $I_p \pm \Delta I_p$ の極大値又は極小値が真空管の特性曲線の直線部を外れない範囲内に於ては A 級増幅器として働くから定電圧特性を保持し得る譯である。

§ 3. 實際の場合に於ける可變電壓制御

以上第2節に於て真空管調整器の可變電壓制御の基本概念を説明した譯であるが、實際にこれを應用するに當つては以上の如く簡単にはゆかない。

一般に直流發電機の場合に於ては交流發電機に比して非常に動作が簡単であり、設計も調整も容易であるが、然も尙勵磁機を極めて少容量發電機の場合以外は本装置は絶対に必要とする缺點があるので、回路の時定數に基づく亂調現象あり、真空管及發電機の飽和現象あり、廣範圍に涉り調整を行はしむるには増幅器の電圧増幅管、及電力増幅管の特性及びその使用條件をよく考究する必要がある。

次に廣範圍調整の妨害となるのは殘留磁氣に依る誘起電圧である。即ち發電機の $E - I_f$ 特性曲線は衆知の如く第4圖に於て示す通り界磁電流零の處から誘起してゐない、又 ヒステリシス・ループに依り同一界磁電流に對する誘起電圧は一定で無い。

即ち此種用途の發電機は可及的に未飽和の部分で使用

するから

$$E_1 = E_{10} + kI_f \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

而して吾人は I_f を變化せしめて E_1 を調整するのであるが、 $k \times I_f$ が大にして E_{10} を省略出来る範囲では良いけれども、 I_f を減少せしめて E_1 を下げて來ると kI_f と E_{10} とが次第に接近し、極端に言へば $I_f = 0$ のとき即ち E_{10} の電圧に對しては調整が利ないことになる。

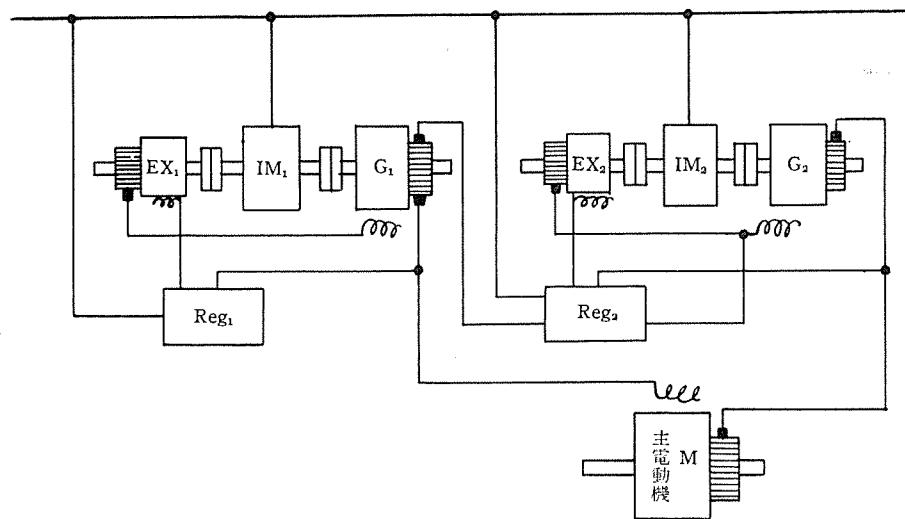
此の故に繼鐵は十分良質の鐵板を使用すると共に銀鍊加工、熔接加工後十分焼鈍し、ヒステリシス・ループを小ならしめ、且 E_{10} を低くする様注意せねばならない。薄鐵板の積層繼鐵を使用する事は有効である。

E_{10} に依る調整妨害を除去するため本調整器に於ては $k \times I_f$ に對し E_{10} が十分省略出来る範囲では I_f 即ち I_p を直接界磁卷線に作用せしめて端子電圧の調整を行はしめ、低端子電圧の範囲に入り E_{10} の妨害が省略出来なくなつて來る範囲では豫め主電動機の界磁を勵磁すべき定電圧直流に依り或る電圧を發生せしめて置き、 I_p に依り之を差動的に勵磁して、電圧を殺してゆく方法を採つたのである。

分壓比を大きくしてゆき發電機の端子電圧を低下せしめてゆけば、増幅器の動作としては差し支へ無い範囲内でも電圧變動率が大きくなる。然るに差動式に依るときは端子電圧を下げるに従ひ I_p は増大してゆき感度は上の故に大略一定の感度を與え得ると共に E_{10} も相殺せられ、誘起電圧を零とすることも出来るのである。

§ 4. 装置の概要

ワード、レオナルド 制御法なる故主電動機の界磁は從來通



第 5 圖

りの真空管式定電圧調整器附直流發電機（但し小範囲の電壓制御は可能）より勵磁せしむ。即ち勵磁は正しく一定値に保たるゝ故、其勵磁に於て主電動機の速度は電動子に加えらるゝ電壓に比例する。電動子はレオナルド發電機より電壓を供給せられ、レオナルド發電機の界磁が可變電壓式調整器に依り制御せられてゐるのである。これ等の關係を圖示すると第5圖の如くである。

本裝置は上述に依り明かなる如く次の三つの部分から成つてゐる。

- I 発電子制御の低電壓制御部分
- II 発電子制御の高電壓制御部分
- III 界磁制御の高速度部分

而して第 I 項に對して前述の差動勵磁式、第 II 項に對して直接勵磁式を採用してゐて、之等は轉換器に依り簡単に切替出来る様になつてゐる。

今一つ本裝置に新しく試みられた事項は電壓決定器と加速器とを分割せしめた事である。從來此種裝置につき試みられてゐた事は、電壓決定要素を電壓零の位置から處定の位置にまで動かし、其の停止した位置が一定に保つべき電壓であつた。

例えば 0~220 ボルトの間に調整す可き裝置があつたとして 180 ボルトで運轉し度いときは、第 1 圖に於て分壓器 R の把手を電壓零の位置から豫め補正せられた 180 ボルトの位置に迄持つて來るのであるが、本裝置の如く急速に加速し、定電壓運轉に入り、制動停止をする如き負荷に對して、分壓器 R の把手を短時間に正しく 180 ボルト

の位置に止むると言ふ事は容易な業ではない。

夫れで豫め 180 ボルトで運轉せんとするときは電壓決定器の指針を 180 ボルトに合せ置き、加速器に依り加速減速を行はしむ、即ち速度零の位置から全速の位置まで把手を廻せば 0/10 のとき速度零、10/10 のとき電壓決定器に依り指定せられたる全速で運轉が出來れば實用上非常に便利である。

電壓變動率、電壓調整範囲、其他の關係で一元的に上記諸條件を完全に満足する事は困難であるが、實驗の結果に依れば大略満足す可き結果が得られた。然し此の經驗に基き今少し條件を樂にするか、制御回線を多くするかせば更に満足すべきものとなる自信が得られた。

§. 5 試験の結果

本裝置は全負荷回轉力の 300 % に近い起動回轉力を以て迅速に起動し、定速運轉に入り、發電制動に依り急停止を行ふものである。而して調整範囲は最低電壓と最高電壓の比は十數倍に及んでゐる。工場試験の結果は大略満足す可き値を得る事が出來た。即ち最低電壓より最高電壓の間の何れの値に於ても端子電壓 E_1 の變動は $\pm 0.15\%$ 程度であつた。制御回路を今少し數多く採れるか（本裝置は遠操式である）、或は最低と最高電壓との間に於て一二回簡単なる調整が許されゝば（本裝置は單一調整二動作に依る調節である）、變動率は更に良好となり得るのである。

§ 6. 結 言

本装置は未だ實地試験の詳細に就いて發表出來ないが、工場試験の結果から考究して實用上満足す可きものと信する。唯最初に回路定數を良く合せて置く事が絶對必要であつて、工場試験に使用した發電機及電動機は種々の都合で（神戸工場と長崎工場とで夫々製作す。）似た機械で試験したので回路定數は少しく異つてゐた。運轉の最初に十分回路定數を合せて置く事（これは運轉の度毎に合せる必要はない）の如何に依つて結果の良否は決定する故に最初の調整は十分に行はねばならない。真

空管を替えると調整を行ふ必要がある。夫は直空管の定數が變るためである。

前述の如く本装置の試験結果に對する量的報告は未だ出來兼ねる次第であるが、何れ發表の機會が與えらるゝ事と思ふ。

終りに際し本装置を進んで斯る大容量機に採用する機會を與へられ、且つ終始有益なる御指導を賜つた御註文元に深く感謝と敬意を表すると共に試験、調整に御努力下さつた神戸工場試験係永松技師、伊藤技師に厚く感謝する次第である。

參 考 文 獻

- 1 高橋正一：三極放電管を用ひたる電圧調整方式（電氣學會雜誌昭和11年5月號649頁）
- 2 星合正治：強電流工學と電子装置
- 3 向井庄太郎：真空管自動電圧調整器（遞信省電氣試験所第一部彙報第10卷第3號81頁）
- 4 和島藤助：真空管型發電機電圧自動調整裝置（日立評論昭和11年3月號185頁）
- 5 石山龍雄：真空管に依る直流通電動機の速度調整（電氣學會雜誌昭和12年8月號665頁）
- 6 川上・近藤：真空管に依る可變電圧制御に就て（第19回聯合大會講演豫稿6-9）

碍管型變流器

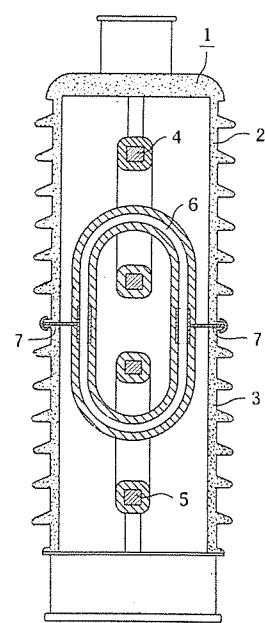
（登録實用新案 第304863號）

一次コイル、鐵心反二次コイルを鎖型に配置せる變壓器を、碍管容器内に收納せる型に於ては、碍管の電圧降下が上部程大きく、下部に至る程小である。又、鐵心の電位は不定なるを以て、鐵心と碍管との距離は相當大なるを要し、碍管の内徑を大ならしむる故、床面積の増大する欠點がある。

本案は此の欠點を除去すべく、碍管容器（1）を、上部（2）及下部（3）に分割し、該容器内に收納せられ、一次コイル（4）及二次コイル（5）と鎖状に交叉する鐵心（6）を、上下兩部分間に挿持せらるゝ支持金（7）により中間に支持せしめたるを以て、鐵心の電位は支持金（7）と同電位となり、又、一次及二次コイル（4）（5）を鐵心（6）に對し對稱的に配置せる事に依り、上下兩碍管の電位分布は相似とな

り、殆んど均等となる。從て、鐵心碍管間の絶縁間隙は比較的小ならしめ得べく、且、高さ及内徑も小となり、絶縁を容易ならしめ得る效果を有するものである。

（菅野）



Heaviside 演算子法に對する新しい考察と その電氣回路解析に於ける應用 (I)

研究部 菅野正雄

第一篇

(I) 一般的考察

§ I. 1. 緒言

19世紀末、Heaviside⁽¹⁾ が、所謂 Heaviside 演算子法なる便法を發表して以來今日に至る迄40年餘、此の間同法に對する直接間接の研究は極めて多數にのぼり⁽²⁾、以て如何に多くの學者の興味を惹きたるかを物語つてゐる。而して Heaviside が此の方法を發表したる當時に於ては、その内容の理論的根據が充分ならず、その結果の正否は、それが通常の解法によるものと一致するか否かにより確められて居た狀態にあつたが、その後、T. J. I'A. Bromwich, B. van der Pol 及び K. W. Wagner その他の諸學者により、所謂 Laplace 變換法の利用が提唱さるるに至り、これによつて一見演算子法はその理論的背景が完成せられたかの如くに信ぜらるるに至つたのであるが、最近にはその理論的背景の前に、K. W. Wagner の著書 “Operatorenrechnung” が華々しく登場したのである。併し、一方これに對し、異なる見解を有する研究者もあつて、最近の電氣學會誌上に於て活潑なる討論を行なつてゐる程である⁽³⁾。

筆者は此の一、二年來、演算子法に關し、少からざる興味を抱き乍らも、從來の方法に對し、猶慊らざるものを感じ、完全なる方法の出現を待ち望んでゐたのであつたが、最近たまたま自らその研究に携はる機會を得、ある程度の成果を得たりと信ぜらるるに至つたので、こゝに標題の如き題目の下に一文を草し、大方の批判を仰ぐ次第である。尙、本研究に種々御便宜を與へられた堀研究部長並に貴重なる御助言を賜はつた更田技師に深甚なる感謝の意を捧ぐるものである。

§ I. 2. 新に考察された演算子法的一大特徴

第1圖に示す如き結合回路に於て、初め蓄電器 C に一定の電荷 Q を與へておき、ある瞬間 ($t=0$)、 S を閉

ちたとする時、一次電流 i_1 及び二次電流 i_2 を求むる問題を考へて見るので、通常の解法に從へば、

$$L_1 \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C} \int i_1 dt + M \frac{di_2}{dt} = 0, \quad (t > 0)$$

$$L_2 \frac{di_2}{dt} + Ri_2 + M \frac{di_1}{dt} = 0, \quad (t > 0)$$

なる微分方程式を適當なる初期條件の下に解けばよいのであるが、此の際初期條件 (S を閉じた直後即ち $t=+0$ の狀態) は

$$L_1 L_2 - M^2 \neq 0 \quad \text{なら}$$

$$i_1 = 0, \quad i_2 = 0, \quad \text{初期電荷} = Q$$

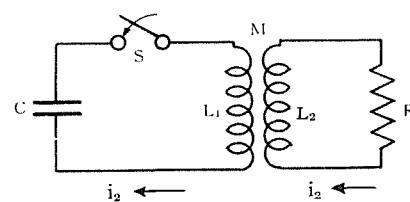
$$L_1 L_2 - M^2 = 0 \quad \text{なら}$$

$$i_1 = \frac{Q}{CR} \frac{L_2}{L_1}, \quad i_2 = \frac{Q}{CR} \sqrt{\frac{L_2}{L_1}},$$

$$\text{初期電荷} = Q$$

で與へられる。然るにこゝに注意さるべきことは、此の解法に於ては、 $t < 0$ に於て第1圖の如く與へられた狀態の外に、尙所要の解 i_1 ($t > 0$) 及び i_2 ($t > 0$) の一部 (即ち $\lim_{t \rightarrow +0} i_1$ 及び $\lim_{t \rightarrow +0} i_2$) を知つてゐなくてはならないといふことである。換言すれば、かゝる解法に於て用ひる初期條件は、所求の解の一部をなしてゐるのである。

かゝる初期條件を豫め求めておくことは、簡単な回路に於ては兎も角として、少しく複雑なる回路にあつては相當の困難を伴ふばかりでなく、往々にして思はざる誤をさへ招く惧れなしとしない。故にもしこゝにかかる $t=+0$ の狀態を豫め求めておくことなく、單に $t < 0$ に



第 1 圖

於て與へられた状態のみを知つて直ちに所要の解の得られる如き方法ありとすれば、それによつて多大の便宜を得ることが出来るであらう。かゝる方法の一つこそ、即ち本文に於て説明せんとする演算子法を利用せる解法に外ならないのである。この演算子解法によれば前述の問題は、上記二つの微分方程式と $t < 0$ に於て、 $L_1 L_2 - M^2$ の零なると否とに關せず、

$$i_1 = 0, \quad i_2 = 0, \quad \text{與へられた電荷} = Q$$

なる條件とによつて解き得るのである。その實際は第II篇に於て明かとせらるるであらう。

§ I.3. 微分方程式の記號的解法と演算子法

以下本文に於て、單に微分方程式と云へばそれが常微分方程式なら常係数線型のものを、偏微分方程式ならば準線型のものを指すこととし、その他のものに就てはその都度断りを附すこととする。こゝに準線型とは、たとへば

$$\sum_{k=0}^n f_k(x, y, z, \dots; \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}, \dots) \cdot \frac{\partial^k}{\partial t^k} F(x, y, z, \dots; t) = G(x, y, z, \dots; t), \dots \dots \dots \text{(I.1)}$$

の如く、少くとも $\partial/\partial t$ (便宜上 t は時間變數とする) に關しては線型で、その係數には t を陽に含んでゐないものを言ふこととする。

抑々 Heaviside 演算子法は、微分方程式の記號的解法の一變形と看做されるものであるが、文献によれば⁽⁴⁾ 微分方程式の記號的解法は遠く Brisson (1821, 23), Cauchy (1827), Lobatto (1837), Gregory (1841) 等を経て Boole (1877) により頗る詳細に論ぜられた様である⁽⁵⁾。併しその對象は、たとへば微分方程式

$$f(D)F(t) = \sum_{k=0}^n a_k D^k F(t) = G(t), \quad (D \cdot = \frac{d}{dt} \cdot), \dots \dots \dots \text{(I.2)}$$

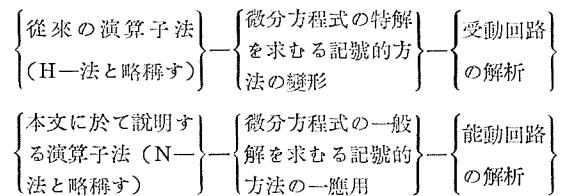
の特解

$$F_1(t) = f(D)^{-1} G(t)$$

を求めるに止まり、その一般解を記號的に求める所迄は考へられて居なかつたらしいのである。

Heaviside は實にこの記號的解法により (I.2) 式の特解を求むる方法を少しく變形してこれを電氣回路解析に利用し、その解法の簡易化を實現した最初の人であつたと考へることが出來よう。併し次節に於て述べる様に

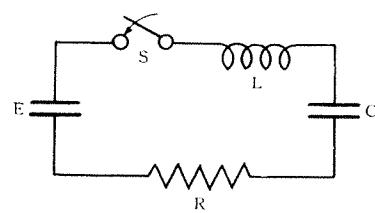
Heaviside の考へ方の理論的根據は頗る薄弱で種々の困難を藏してゐるのであるが、その中の一つとして、この方法が、所謂受動回路に對しては兎も角、一應正當な結果を與へるが、能動回路に對してはその直接適用が不可能となる事實がある。これはまさしく、Boole 等によつて論ぜられた前述の記號的解法が、(I.2) 式の特解を求めるることは出來ても、その一般解を求めるることは出來なかつた事に對應するものであつて、もし其の一般解を求むるに都合のよい記號的解法が見出されれば、その利用により、演算子法による能動回路解析も自づと可能となることが豫想される。従つて次の如き對應關係が得られる。



この關係より見れば、H一法は、それが修正された貌に於て、N一法の中に完全にその一部として包含されてゐ事が明かとなるのである。

§ I.4. H一法の概略的説明

順序として、回路解析に對するH一法の概略的説明をなす。簡單の爲、第2圖に示す如き例をとつて見よう。



第 2 圖

即ち $t < 0$ に於て全く附勢されて居らぬ L, R, C 直列回路を、 $t = 0$ の瞬間 S に於て閉ぢ、一定電壓 E にて附勢したる時、 $t > 0$ に於ける回路電流 i を求むるには、微分方程式

$$L \frac{di}{dt} + R i + \frac{1}{C} \int i dt = E, \quad (t > 0) \dots \dots \dots \text{(I.3)}$$

を初期條件

$$i_{t=0} = 0, \quad q_{t=0} = \left(\int i dt \right)_{t=0} = 0$$

の下に解けばよいのである。これを通常の方法にて解かんとすれば、先づ (I.3) 式の不定積分

$$\left. \begin{aligned} q &= \int idt = CE + \varepsilon^{-at}(A \cos \beta t + B \sin \beta t) \\ i &= -\varepsilon^{-at} \{(\alpha A - \beta B) \cos \beta t + (\alpha B + \beta A) \sin \beta t\} \end{aligned} \right\}, \quad (t > 0) \dots \dots \dots \text{(I.4)}$$

を求める、然る後、初期条件を考慮して

$$A = -CE, \quad B = -\frac{\alpha}{\beta}CE$$

を算出し、結局所要の電流 i として、

を得るにあるが、H一法にあつてはこれを次の如く簡単
に解けると云ふのである。即ち (I.3) 式に於て

$$\frac{d}{dt} \cdot \equiv p \cdot, \quad \int \cdot dt \equiv p^{-1}, \quad \dots \dots \dots \quad (I.6)$$

と書き換へ、更に所謂単位函数

を導入して、(I. 3) 式より

を導く。然る後 p を恰も代數記號の如く看做して、(これを代數化と呼んでゐる)次の如く i を計算する⁽⁶⁾。

$$i = \frac{1}{Lp + R + \frac{1}{Cp}} EI$$

$$= \frac{E}{L} \frac{p}{(p+\alpha)^2 + \beta^2} \mathbf{I}, \quad \dots \dots \dots \quad (I.9)$$

$$= -\frac{E}{\beta L} e^{-at} \sin \beta t \mathbf{1}, \quad \dots \dots \dots \quad (I.10)$$

尚、ここで (I.9) 式より (I.10) 式を計算する際、**I** なる函数に作用 (Operate) された $p^{-1} = \frac{1}{p}$ は、

$$p^{-1} = \int_0^t \cdot dt, \dots \dots \dots \quad (I.11)$$

と考へて差支へないので、結局 H-法に於ては、與へられた微分方程式に於て、 d/dt を p としてそれを代數化して計算を進め、最後に p^{-1} を $\int_0^t dt$ として積分を行なへば所要の解が得られるといふことになる。これを Heaviside 以前の Boole 等によつて論ぜられた微分方程式の記號的解法と比較すると、その形は似てゐるが、その内容に於ては著しい相違がある。即ち Boole 等の

方法によるならば、 $d/dt \cdot \equiv D \cdot$ として

$$q = e^{-\alpha t} (A \cos \beta t + B \sin \beta t) + \frac{1}{LD^2 + RD + \frac{1}{C}} E$$

$$i = Dq = -\varepsilon^{-\alpha t} \cdot$$

$$\cdot \left\{ (\alpha A - \beta B) \cos \beta t + (\alpha \beta + \beta A) \sin \beta t \right\} \\ + D \frac{1}{LD^2 + RD + \frac{1}{C}} E$$

の如く計算し、特解

$$\frac{1}{LD^2 + RD + \frac{1}{C}} E = CE$$

$$D \frac{1}{LD^2 + RD + \frac{1}{C}} E = 0$$

を求むるには、記號的方法を用ふるが、 q 又は i の決定には結局通常解法に於ける如く、最後に初期條件を考慮して積分常數を定めるといふ手續を經ねばならないのである。然るに H 一法に於ては、前述の如く d/dt を D ではなく p と書き、**1** なる函數との關聯に於て p^{-1} を $\int_0^t \cdot dt$ と考へ、記號的計算を行なへば

なるにも拘はらず

$$\frac{1}{L} \frac{p}{(p+\alpha)^2 + \beta^2} E \mathbf{I} = \frac{E}{\beta L} \varepsilon^{-at} \sin \beta t \mathbf{I}, \quad \dots \dots \dots \text{(I.13)}$$

が得られるのである。

かくの如く、Boole 等によつて論ぜられた記號的解法を僅かに、單位數函を附加して使用するといふだけの變形で、かくも著しい相違を見出した Heaviside の卓見には注目すべきものがあつたのであるが、殘念乍らその理論的根據を明かにすることがなかつた爲に、次節に述べる種々の欠陥を後世に遺したのであつた。おそらく彼はある簡単な問題に對して、通常解法による結果と、單位函數の使用の下に進めた演算子法による結果とを比較して、兩者がよく一致するので、深くその根本を顧ることなしにそれをそのまま複雑な問題にも適用して行つたものであらう。今日より見れば、前にも述べた如く、直接兩者の一致する場合は、受動回路の場合に限られてゐるが、實際問題として受動回路解析の場合が多くあり、又所謂重疊定理を利用すれば、間接に能動回路への應用

も出来、更には不完全乍らも、分布定數回路への形式的適用も可能なる爲、後の學者の注目する所となつたものと考へられる。

Heaviside は又、分布定數回路解析に關聯して、函數の漸近級數展開を求むる方法を提示してゐる。たとへば

$$\frac{\sqrt{p}}{\sqrt{p+1}} \mathbf{I} = \mathbf{I} \varepsilon' \left(1 - \int_0^t \frac{\varepsilon^{-t}}{\sqrt{\pi t}} dt \right), \quad \cdots (I. 14)$$

の漸近級數を求むるに、上式の左邊を \sqrt{p} の幂に展開して

$$\begin{aligned} \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{p+1}} \mathbf{I} &\sim \sqrt{p} (1 - \sqrt{p} + p - \sqrt{p^3} + \cdots) \mathbf{I} \\ &\sim (1 + p + p^2 + \cdots) \sqrt{p} \mathbf{I} \\ &\sim (p + p^2 + \cdots) \mathbf{I}, \quad \cdots \cdots \cdots \cdots (I. 15) \end{aligned}$$

の如くし、

$$\begin{aligned} \sqrt{p} \mathbf{I} &= \frac{1}{\sqrt{\pi t}} \mathbf{I}, \quad * \text{ (脚註)} \\ p^n \sqrt{p} \mathbf{I} &= \mathbf{I} \frac{d^n}{dt^n} \frac{1}{\sqrt{\pi t}} = \mathbf{I} \frac{1}{\sqrt{\pi t}} (-)^n \frac{(2n)!}{n!(4t)^n}, \\ p^n \mathbf{I} &= \mathbf{I} \frac{d^n}{dt^n} \cdot 1 = 0, \quad (n=1,2,3,\cdots), \quad \cdots (I. 16) \end{aligned}$$

なる故、

$$\frac{\sqrt{p}}{\sqrt{p+1}} \mathbf{I} \sim \mathbf{I} \frac{1}{\sqrt{\pi t}} \sum_{n=0}^{\infty} (-)^n \frac{(2n)!}{n!(4t)^n}, \quad \cdots (I. 17)$$

の如くなるが、これを (I. 14) 式の右邊より算出して見るので

$$\begin{aligned} \int_0^t \frac{\varepsilon^{-t}}{\sqrt{\pi t}} dt &= \int_0^{\infty} \frac{\varepsilon^{-t}}{\sqrt{\pi t}} dt - \int_t^{\infty} \frac{\varepsilon^{-t}}{\sqrt{\pi t}} dt \\ &= 1 - \int_t^{\infty} \frac{\varepsilon^{-t}}{\sqrt{\pi t}} dt \end{aligned}$$

であるから、この右邊第2項に順次部分積分を施せば、

$$\int_t^{\infty} \frac{\varepsilon^{-t}}{\sqrt{\pi t}} dt \sim \frac{\varepsilon^{-t}}{\sqrt{\pi t}} \sum_{n=0}^{\infty} (-)^n \frac{(2n)!}{n!(4t)^n}$$

なる故、

$$\mathbf{I} \varepsilon' \left(1 - \int_0^t \frac{\varepsilon^{-t}}{\sqrt{\pi t}} dt \right) \sim \mathbf{I} \frac{1}{\sqrt{\pi t}} \sum_{n=0}^{\infty} (-)^n \frac{(2n)!}{n!(4t)^n}, \quad \cdots \cdots \cdots \cdots (I. 18)$$

となり、(I. 14) 式の左邊より得られる結果と一致する

* 脚註、Heaviside が如何にしてこの關係に思ひ附きたるかは興味ある事であるが、Carson (7) によれば、おそらく熱傳導に關する微分方程式の解より暗示を得たものならんといふ。

といふのである。

§ I. 5. H一法の欠點

N一法の基礎を確立する前に、H一法の有する種々の欠點及び曖昧なる諸點を明かにしておこう。

(1). (I. 3) 式より (I. 8) 式を導くことに就ての理論的根據の欠除及び p の代數化の意味の曖昧なること。この結果は、たとへば、

$$\begin{aligned} \frac{1}{p+\alpha} \mathbf{I} &= \frac{1}{p} \left(1 - \frac{\alpha}{p} + \frac{\alpha^2}{p^2} - \cdots \right) \mathbf{I} = \frac{1}{\alpha} \cdot \\ &\quad \cdot (1 - \varepsilon^{-at}) \mathbf{I}, \quad \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (I. 19) \end{aligned}$$

であるが

$$\frac{1}{p+\alpha} \mathbf{I} = \frac{1}{\alpha} \left(1 - \frac{p}{\alpha} + \frac{p^2}{\alpha^2} - \cdots \right) \mathbf{I} = \frac{1}{\alpha} \mathbf{I} + ? \quad \cdots \cdots \cdots \cdots (I. 20)$$

なる困難に逢着するのである⁽⁸⁾。

(2). (I. 16) 式の關係に對する疑惑の存在。これはすぐ前に述べた、(I. 20) 式からもわかる事であるが、更に次に示す如き矛盾をも惹起するのである。Boole 等の記號法によれば、 $f_1(D)$ 及び $f_2(D)$ を夫々 D ($\equiv \frac{d}{dt}$) の有理函數とする時、

$$f_1(D) f_2(D) \cdot \equiv f_2(D) f_1(D).$$

であるべき筈であるが、(I. 16) 式の關係の存在は、これを成りたしめない。たとへば (I. 9) 式より (I. 10) 式に移る際、

$$\begin{aligned} p \left(\frac{1}{(p+\alpha)^2 + \beta^2} \right) \mathbf{I} &= \mathbf{I} \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\alpha^2 + \beta^2} \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot \left\{ 1 - \frac{\varepsilon^{-at}}{\beta} (\alpha \sin \beta t + \beta \cos \beta t) \right\} \right) \\ &= \mathbf{I} \frac{1}{\beta} \varepsilon^{-at} \sin \beta t \end{aligned}$$

とすれば正しい結果が得られるが、もし (I. 16) 式の關係より

$$\frac{1}{(p+\alpha)^2 + \beta^2} (p \mathbf{I}) = \frac{1}{(p+\alpha)^2 + \beta^2} \cdot 0, \quad \cdots (I. 21)$$

とすれば

$$\frac{1}{(p+\alpha)^2 + \beta^2} \cdot 0 = \mathbf{I} \frac{1}{\beta} \varepsilon^{-at} \sin \beta t, \quad \cdots \cdots \cdots \cdots (I. 22)$$

なる書き方をせねばならない。併しこの書き方を採用するわけにはゆかぬ。何となれば、たとへば周知の如く、

$$\frac{p^2}{(p+\alpha)^2 + \beta^2} \mathbf{I} = \mathbf{I} \frac{1}{\beta} \varepsilon^{-at} (\beta \cos \beta t - \alpha \sin \beta t), \quad \cdots \cdots \cdots \cdots (I. 23)$$

であるが、(I.16) 式の結果を用ひれば

$$\begin{aligned} \frac{1}{(p+\alpha)^2 + \beta^2} p^2 \mathbf{I} &= \frac{1}{(p+\alpha)^2 + \beta^2} \cdot 0 \\ &= \mathbf{I} \frac{1}{\beta} e^{-\alpha t} (\beta \cos \beta t - \alpha \sin \beta t), \dots \dots \dots \quad (I.24) \end{aligned}$$

と書かざるを得ないからである。この矛盾は全く、(I.16) 式の関係に由来してゐるのである。

(3). たとへば第2圖に示した回路に於て、蓄電器Cに初期電荷が存在する場合、或は誘導Lに初期電流が存在する場合、更には又その兩者の存在する場合等の如き所謂能動回路の解析に對してはH一法は無力となる。

(4). \sqrt{p} その他の p の有理函数に非ざる演算子函数の定義の欠除。

(5). 漸近展開に關する方法の基礎の不明確。成程(I.14) 式に於ては兎に角一應見掛上正しい結果を與へたがこれは全く偶然であつて一般にはその然るべきことを主張することは出來ないのである。たとへば

$$\frac{\sqrt{p}}{p-1} \mathbf{I} = \mathbf{I} e^t \int_0^t \frac{e^{-s}}{\sqrt{\pi s}} dt$$

に就ては如何であらうか、H一法によれば左邊からは

$$\begin{aligned} \frac{\sqrt{p}}{p-1} \mathbf{I} &\sim (1+p+p^2+\dots) \sqrt{p} \mathbf{I} \\ &\sim \mathbf{I} \left(1 + \frac{d}{dt} + \frac{d^2}{dt^2} + \dots \right) \frac{1}{\sqrt{\pi t}} \\ &\sim -\mathbf{I} \frac{1}{\sqrt{\pi t}} \sum_{n=0}^{\infty} (-)^n \frac{(2n)!}{n!(4t)^n}, \dots \dots \dots \quad (I.25) \end{aligned}$$

となるが、右邊からは

$$\begin{aligned} \int_0^t \frac{e^{-s}}{\sqrt{\pi s}} dt &= \int_0^{\infty} \frac{e^{-s}}{\sqrt{\pi s}} dt - \int_t^{\infty} \frac{e^{-s}}{\sqrt{\pi s}} dt \\ &\sim 1 - \frac{e^{-t}}{\sqrt{\pi t}} \sum_{n=0}^{\infty} (-)^n \frac{(2n)!}{n!(4t)^n} \end{aligned}$$

であるから

$$\mathbf{I} e^t \int_0^t \frac{e^{-s}}{\sqrt{\pi s}} ds \sim \mathbf{I} \left(e^t - \frac{1}{\sqrt{\pi t}} \sum_{n=0}^{\infty} (-)^n \frac{(2n)!}{n!(4t)^n} \right), \dots \dots \dots \quad (I.26)$$

となり、(I.25) 式と比較すると、前者に於ては $\mathbf{I} e^t$ なる項が欠除することとなり、H一法の欠陥の一つを表明してゐるのである。

是等の諸欠點を考慮しつゝ、前節を再び読み返せば、

H一法の演算の進行が殆んど全く思ひ附きの連續であり、これを極言すれば、“かくなる故にかくならざるべからず”といふ必然性は見られず、“かくすればかくなり、しかもその正否は他の方法によつて得られたる結果と比較してはじめて判明する”態のものであることが窺はれるであらう。もとより如何なる場合にも思ひ附きの重要なべき事は言を俟たないが、そのある程度の發展の後は、それがよつてもつて立つべき基礎を吟味する必要があらう。然らざる時は往々にして重大なる誤謬に陥り、或はその誤謬を糊塗せんとして姑息なる手段を弄せざるを得ない結果に立到るも測り難いのである。

§ I.6. H一法と Laplace 変換

かくて前節に舉げたH一法の欠點を修正し、完全なる演算子法を樹立せんとする試みが多くの人々によつてなされて來た。この中最も成功を収めたものの如くに見えたものは所謂 Laplace 変換を直接又は間接に利用するものであつた⁽⁹⁾。この変換を利用すれば、前節に述べたる如き種々の困難に遭遇することなしに、問題を解き得る事が明かにせられた爲に、演算子法と云へば即ち直ちに Laplace 変換の事であるかの如き、又は演算子法の基礎は Laplace 変換法にあるかの如き考さへ行なはれるに至つたのである。⁽¹⁰⁾

併しこの考へは妥當ではないのである。後章に述ぶる所より明かとなる如く、演算子法と Laplace 変換法とは全く獨立なのである。とは云へ全然無關係であるといふ意味ではない。獨立ではあるがその間には極めて密接な關係があるといふのである。而して此の關係を利用すれば、演算子法の適用範囲を更に擴大することが可能となつて來るのである。これは恰も、大阪より神戸に行くに、陸路自動車を以てすることを演算子法に、海路汽船を以てすることを Laplace 変換法にたとへられよう。各々獨立に大阪より神戸へ行き得るが、更に四國の高知へ行く事を考へて見よう。それには陸路自動車を以て直接行く事は不可能であるが、海路汽船にては直接その目的を達することが出来る。併し、たとへば、高松迄は海路汽船にて、高松より高知迄は陸路自動車にてといふことも可能なのである。もし後者を選ぶ時は、前者の場合より速く目的地に到達し得るといふことであれば、汽船より自動車に乘換えただけの利益はあつたと見てよい様に、Laplace 変換を用ひて行なつた計算の適宜の中途に

於て、演算子法を利用すれば、前者を用ひた結果導入された複素積分の一部、又は全部が、後者によつて簡単に計算され便宜が得らるることとなるのである。勿論此の際演算子法の擴張がなされるのであるから、Laplace 変換法は演算子法の基礎を與へるものではなくて、演算子法の擴張の基礎を與へるものであるといふことが出來

るのである。たまたま、從來の H 一法は實に故障多き自動車だつたと云へよう。此の故障の因つて來る原因を追求して、これを修正したる結果、完全なる姿となつて出現したるもののが即ち次章以下に於て説明せんとする N 一法に外ならないのである。（その一部はすでに電氣學會誌上に發表した。⁽¹¹⁾）（續く）

參 考 文 獻

- (1) O. Heaviside: Electromagnetic Theory II. 130 (1899)
- (2) 福田節雄: ヘビサイド演算子法（電氣工學に於ける最近の數學）(昭 14)
- (3) 岡村一櫻井: 電學誌 61 469 (昭 16)
- (4) 藤原松三郎: 微分方程式論 441 (昭 15)
- (5) その概略に就ては、たとへば上記藤原博士の著書 16 頁及び
A. R. Forsyth: A Treatise on Differential Equations 71 (1921)
永宮健夫: 微分方程式論（應用數學第 II 卷）等を參照の事 26 (昭 16)
- (6) 文 獻 (2) 4 頁
- (7) J. R. Carson: Electric Circuit Theory and Operational Calculus 52 (1926)
- (8) 渡邊寧: 電 評 28 387 (昭 15)
- (9) たとへば
林重憲: 電 評 29 771 (昭 16)
櫻井時夫: 電學誌 61, 515, 517 (昭 16)
電學論 2, 360, 364 (昭 16)
伊藤徳之助: 應用物理 5, 418 (昭 11)
K. W. Wagner: Operatorenrechnung (1940)
- (10) 岡村進: 電 評 29 741 (昭 16)
- (11) 菅野正雄: 電學誌 62 (昭 17, 3 月號)
電學論 3 (昭 17, 3 月號)

制限スパンの設定法

神戸製作所 落合忠七
末田貞三

§ 1 緒 言

今日 ボルト を使はぬ機器は珍らしいが、其のくせそれ
に對する考慮は案外拂はれて居ない様である。ボルトを締
める スパナ の腕の長さは日本標準規格に依つて定められ
て居るが、それを使ふ人に依つては勿論の事同一人が締
めてもその作業姿態に依つて ボルト に發生する力は甚だ
廣範囲に變はるものである。

アルミニウムバスの如く熱膨脹系數の大なるものではボルトに與へる緊度に細心の注意を拂はねばならぬし、整流子クラムパーの締付ボルト等には緊度の一様性に重點を置かねばならない。

斯るものに對して普通のスパを使用したのでは其の目的を充分に達する事が困難であつて、此處に制限スパの必要性が生ずる。制限スパとは一般に一定モーメントを出し得る様な構造のスパを言ふので、之には發條式、油壓式、電氣式及摩擦式等色々あるが、今此處に最も簡単に製作出来る發條式の一例に就いてその設定法を簡単に紹介しやう。

§2 設定の方針

制限スパンの目的はボルトに所定の應力を與へる事にあるが、ボルトを締めるに要するモーメントは

$$M = Qr \left[\tan(\alpha + \rho) + \frac{R}{r} \tan \rho \right] \dots \dots \dots (1)$$

Q = ボルト の引張力

$r = \text{ボルト}$ の有効半径

$\alpha = \text{ボルト 蔓巻角}$

ρ = ボルト 及 ナット の摩擦角

R = ナットの接觸面の平均半径

M = ボルト 又は ナット を換る モーメント

となる。故に

$$Q = \frac{M}{r \left[\tan(\alpha + \rho) + \frac{R}{r} \tan \rho \right]}$$

従つて我々が所定の引張力 Q を ボルト に與へたければ

(r, R, α 及 ρ はその ポルト に於て一定なる故) 所定の M を與へてやれば良い事になる。即ち制限 スパンは所定の モーメントを與へ得る構造にすれば其の目的を達成し得る譯である。

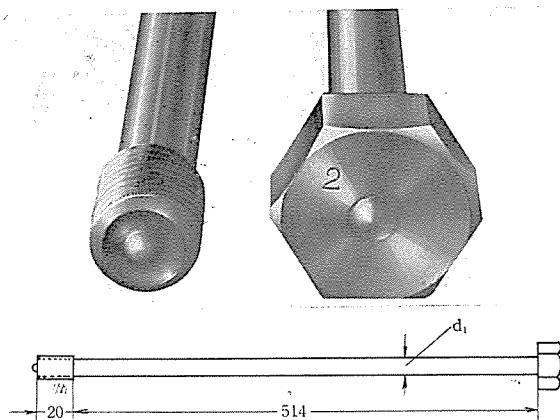
(1) 式を用ひて Q に対する M を算定して制限スパナを製作するのも良いが、ボルト及ナットの摩擦角 ρ の値が表等で定めると実際との誤差が相當大きくなる心配があるので、 Q に対する M を実験的に目盛るのが最も良い。

ボルトの引張力 Q を知るにはその伸びを調べ、ヤング系数より伸びに相当する應力を算定すればよい。かくして一定モーメントに對するボルトの引張力を實驗的に知る事が出来る。

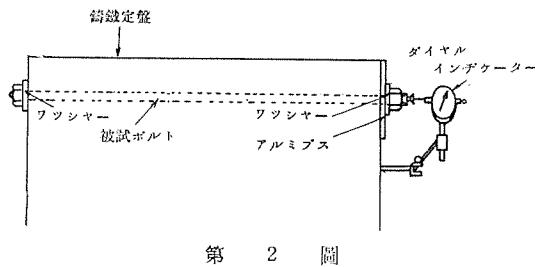
斯の如く、きまつた太さの ボルト に對する “引張力—モーメント” の關係を線圖にして置き、次に モーメント を指 示するが如き構造の スパ を使用すれば、此の スパ を使 用して ボルト に與へた引張力を知る事が出来るのである。

§3 實驗法

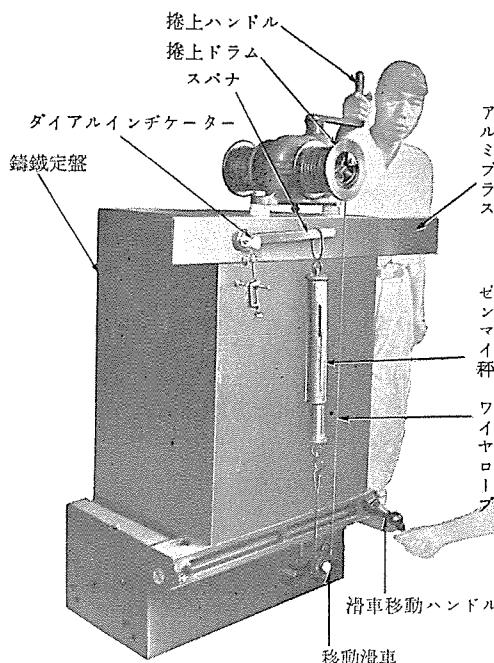
實驗には第1圖の如き寸法の軟鋼ボルト $1\frac{1}{2}''$, $1\frac{3}{8}''$ 及 $3\frac{1}{4}''$ を各2本宛使用した。扱てナットを締付てボルトに引張力を發生せしめた場合、ナットの高さ中に含まれるねじ山の何處に力が懸つて居るかが不明である。從てボルトの伸びから歪を算出する場合に、若しボルトが短いもので



第一回



第 2 圖

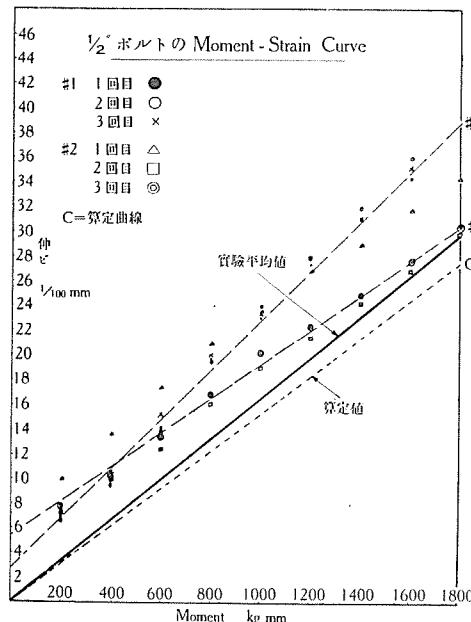


第 3 圖 ボルトの伸びとスパナーのモーメントとの関係を測定する装置

あれば、それが大きな誤差となる。ボルトがナットの高さに比して充分に長ければナットの何處に力が懸らうとも算出される歪の誤差は少くて済む。かゝる理由から第1圖の如き長いボルトを作つた。此の場合にはナットの高さは $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{5}{8}$ 及 $\frac{3}{4}$ では 11 mm, 13 mm 及 16 mm であるから歪の算定誤差は最大の場合で 2.1 %, 2.5 % 及 3.1 % となる。

次にネジを切らぬ部分をネジの谷底径と等しくしたのはナットで締めた時ボルト全體が一様に伸る様にとの理由からである。若し谷底径より太ければ伸びの多くはネジの部分で発生し歪を算定するに當つては眞の歪を知る事が出来ない事になるからである。

尚伸びの測定に便利なる様ボルトの兩端に半球の突起を付けた。斯かるボルトを第2圖の如く鋳鐵定盤に取付け、第3圖の如き裝置でナットを締付て、ダイアルインデケーターではボルトの伸びを見、ゼンマイ秤ではその時のモ-



第 4 圖

メントを知つたのである。1本のボルトに就いて3回宛締めて又緩めると言ふ具合にして3組の記録を取つた。

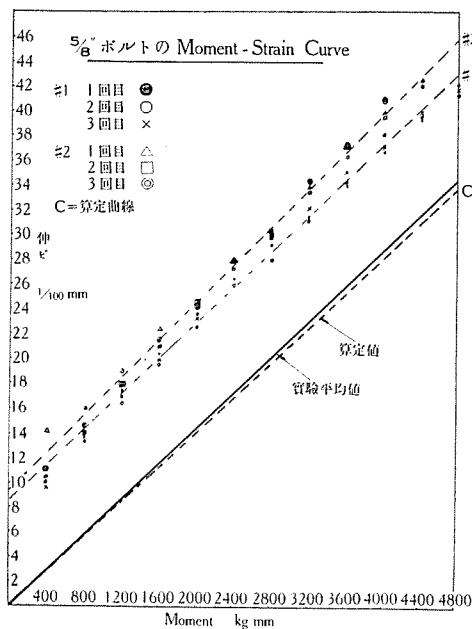
§4 實驗結果

斯くしてスペのモーメントとそれに對應するボルトの伸びの線圖を描くと第4圖～第6圖の如くなる。此等の圖に於て #1, #2 の曲線が原點を通つて居ないが、之れはナットの下のワッシャーのバネ作用及インデケーター やゼンマイ秤等の誤差の集積である。若し伸びを測定するのにインデケーターを使用せずにボルト全長の變化を直讀する様にマイクロメーターを使用すると曲線は殆んど原點を通り且つ #1, #2 に各平行なる線が得られる事を確められる。従つて #1, #2 の曲線はいきなり原點を通る様に平行移動せしめて差支へない。尙上記マイクロメーターによる測定と比較して、インデケーターによる場合は定盤の壓縮歪が誤差となつて入つて来る様に思はれるが、比較の結果は殆んど差のない事を認めた。依つて時間の非常に節約出来るインデケーター法を採用した事を此處に附記する。

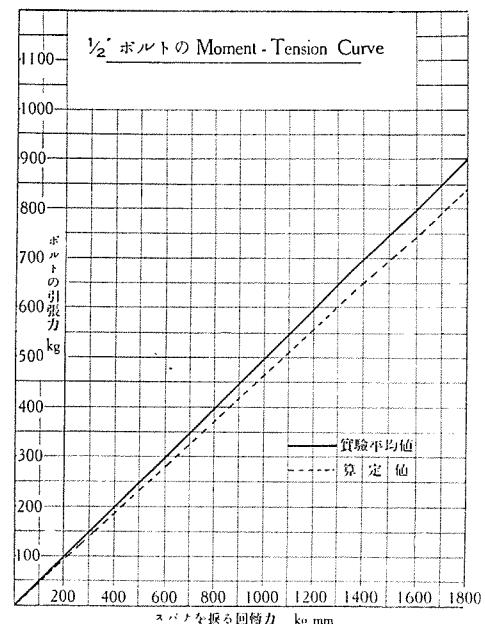
實線は #1, #2 の曲線の平均線に平行に且原點を通らせたもので、此れが求むる“伸び—モーメント曲線”である。

次て(1)式は更に

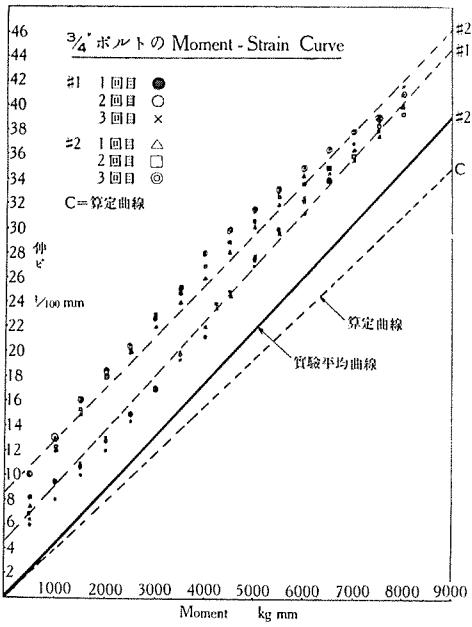
$$M = \frac{\pi}{4} d_1^2 \sigma_{tr} \left[\tan(\alpha + \rho) + \frac{R}{r} \tan \rho \right]$$



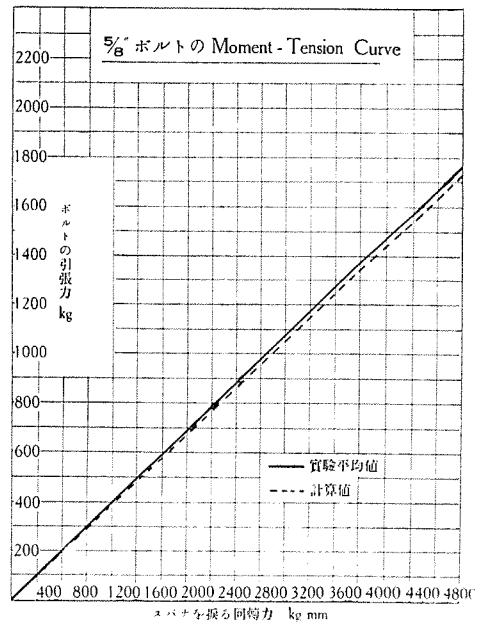
第 5 圖



第 7 圖



第 6 圖



第 8 圖

此處に

$$r_1 = -\frac{d_1}{2}$$

$$\frac{R}{r} = \text{const.} \quad \text{なる故}$$

$$K = -\frac{\pi}{8} \left[\tan(\alpha + \rho) + \frac{R}{r} \tan \rho \right]$$

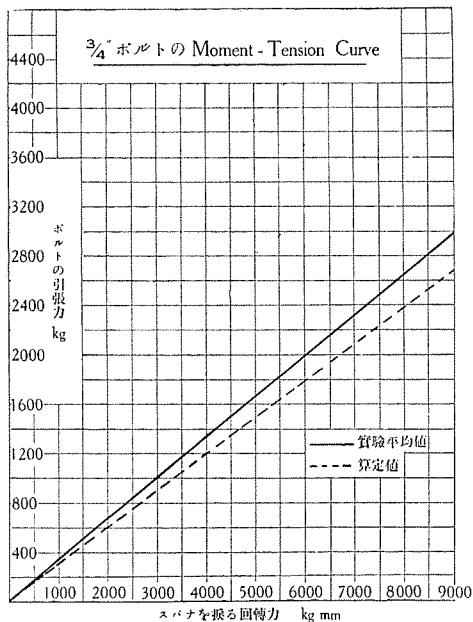
σ_t = ボルトに発生する引張力

$d_1 = \text{ネヂ}$ の谷底の徑

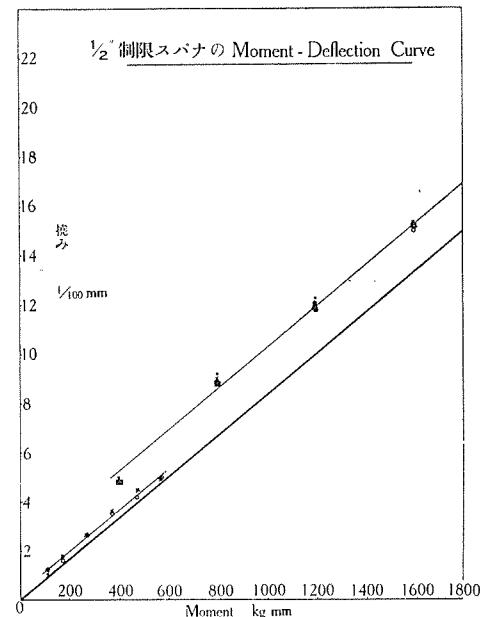
(但し此の場合は、長さの方向への歪は引張應力にのみ依存し、撓れ應力には依存しないと見做し、撓れを考慮に入れてない。) となる。

實數値を入れてやると ウィットウォースネズでは $K=0.167$ となるから、此の値を (2) 式に代入して

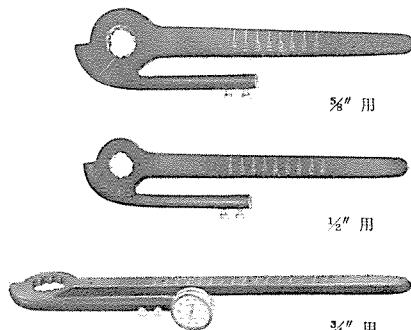
$$\left. \begin{aligned} M &= 167 \sigma_t = 167 \times 2 \times S \times 10^4 \text{ kg mm} \cdots \frac{1}{2}'' \text{ ポルト に對し} \\ M &= 360 \sigma_t = 360 \times 2 \times S \times 10^4 \quad " \cdots \frac{5}{8}'' \quad " \\ M &= 660 \sigma_t = 660 \times 2 \times S \times 10^4 \quad " \cdots \frac{3}{4}'' \quad " \end{aligned} \right\} (3)$$



第 9 圖



第 11 圖



第 10 圖 制限スパナ

但し

S = 歪

M = ナットを捩るに要する モーメント

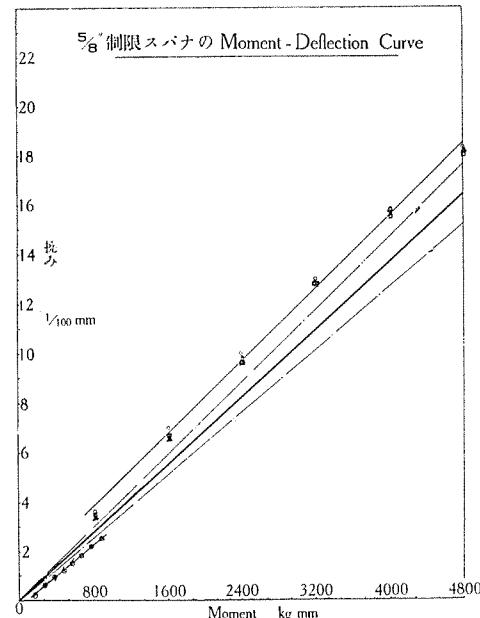
$E = 20000 \text{ kg/mm}^2$ とする

となる。此の式は ボルトの伸びと ナットを捩る モーメントとの関係を示す式で、此れに依つて描いたのが曲線 C である。

実験平均値と算定値との差は実験平均値を規準にとつて、 $1/2$ 、 $5/8$ 及 $3/4$ では夫々 6.7% 、 2% 及 10% でモーメントは計算値の方が多く出て来る。

第4圖～第6圖よりヤング系數を 20000 kg/mm^2 として “引張力—モーメント” 曲線を出したのが第7圖～第9圖である。

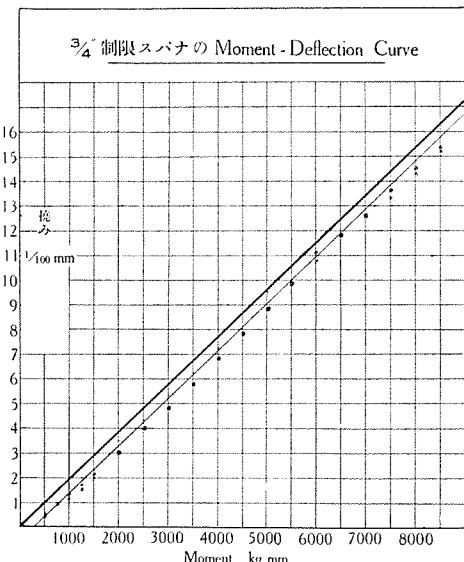
斯くて試験用 ボルトの性質が判明した。



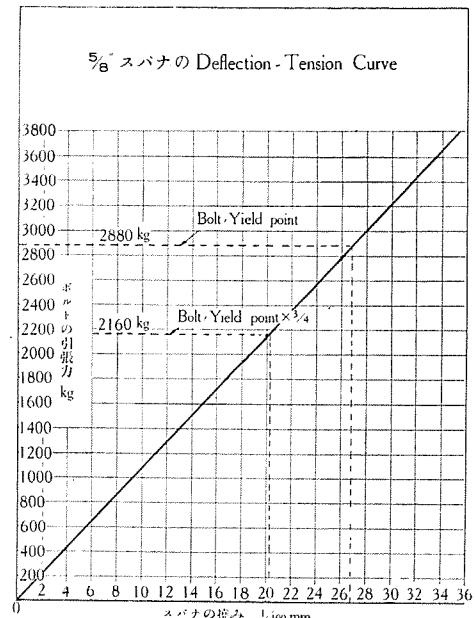
第 12 圖

§5 制限スパナの設定

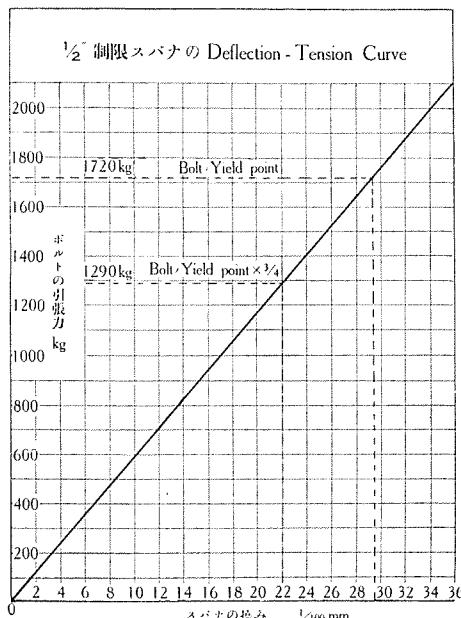
次に ナットを締めた場合に スパナの腕の撓みが ダイアルインデケーターに表れる様な構造の制限スパナを製作した。それが第10圖である。之を第3圖の装置に再び掛けて “撓み—モーメント” 曲線を作つたものが第11圖～第13圖である。此の曲線と第7圖～第9圖の曲線と組合せて第14圖～第16圖の如き “ボルトの引張力—スパナの撓み” 曲線が得られる。此の第14圖～第16圖が我々の求む



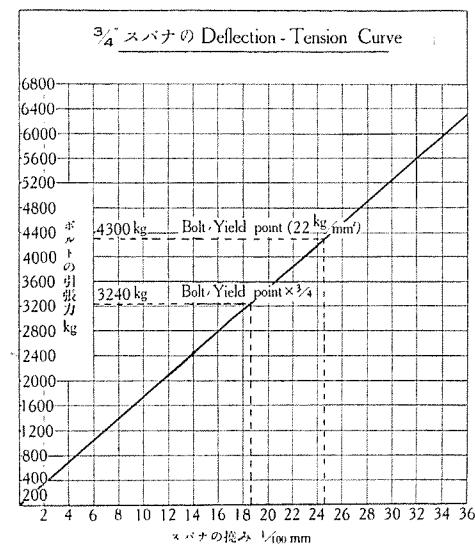
第 13 圖



第 15 圖



第 14 圖



第 16 圖

るもので、インチケーターの目盛を読む事に依つてボルトに働くて居る引張力を知る事が出来るのである。

一般にはナットを締めた場合に生ずるボルトの捩り應力を考慮し、それを等價引張應力に換算してやると、ボルトに發生する引張力が捩りを考慮せぬ場合の $\frac{3}{4}$ 倍になると言はれて居る。従つて我々はボルトを締める場合は降伏點 $\times \frac{3}{4}$ 以内に締めるべきである故、此の曲線中に其の範囲を割して置き、之れ以内の締方をするべきである。

此の他使用場所の要求する精度に應じて色々の制限スパンナーがあるが、今此處に最も簡単なる制限スパンナーの設定法を紹介した次第である。尙ボルトは我々の最も身近にありながら餘りに簡単なので、多くの人々から等閑に附せられ勝であるが、果して我々が日常ボルトを其の役目に対する合理的に取扱て居るかどうかは更に反省の要がある。

此の實驗に當つては工藤宗眞技師、池上信哉氏の御世話になる事多大であつた。深く感謝する次第である。

§ 6 結 言

制御器、切換開閉器等の操作装置

(特許第146602号)

管制装置等に於ては、操作軸を正から逆に、又逆から正に誤りて直接操作する事がある。本発明は、斯かる誤操作を行はしめない様に、中正の断位置に於いて一旦把手を止め、然る後にあらざれば、正或は逆に把手を回轉出来ない様にした一種の安全装置を提供したものである。

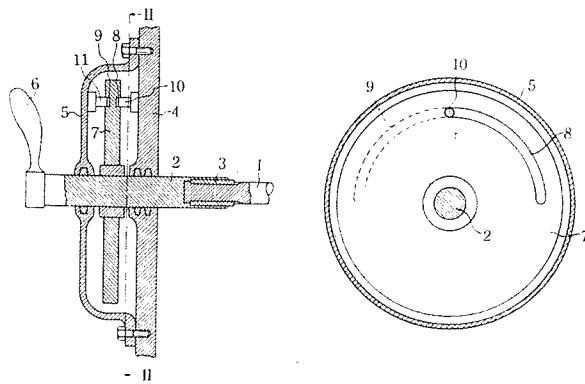
第1図及第2図は本発明の一実施例を示したもので、管制装置の操作軸(1)の一端部に把手軸(2)を挿嵌し把手軸(2)の末端には把手(6)が固定してある。然して軸(2)はその軸方向には移動し得るも、回轉方向には軸(1)と一体となりて回轉する。把手軸(2)は軸受を構成する静止面(4)及端蓋を貫きて延在し、静止面及端蓋間に介在する如く圓盤(7)を固定してある。圓盤の表裏両面には第2図に示す如く、同一圓周上に弧状案内溝(8)(9)を穿設し、兩案内溝は一端に於いて相重なる如く配設せられてゐる。又静止面(4)及端蓋(5)の内面には「ピン」(10)(11)が相対向する如く固植せられ、其の先部は前記案内溝(8)(9)に夫々嵌入して居る。圖示の如く兩「ピン」(10)(11)が案内溝(8)(9)の重合部にある時即ち把手軸が中正位置にある場合は、該把手軸は正逆何れの方向へも回轉出来ない。此の位置を管制装置の断位置とする。把手軸(2)を引けば、圓盤(7)は軸と共に移動し得るから「ピン」(10)が案内溝(8)より脱出し、「ピン」(11)のみは案内溝(9)に係合せる儘なるを以つて第2図に於いて、把手軸は時計方向即ち正方向へ回轉せしめ得るし、逆に第1図の状態にて、把手軸(2)を押せば、

「ピン」(11)が案内溝(9)より脱出し、「ピン」(10)のみが案内溝(8)に係合の儘なる爲、第2図に於いて、把手軸は反時計方向へのみ即ち逆方向へ回轉し得るのである。茲に把手軸(2)を正又は逆方向に操作してから、反対方向へ操作せしめんが爲には、一旦断位置に戻し、然る後に把手軸を軸方向へ移動せしめざる限り、操作不可能なるを以つて、誤操作を行ふ事無く、安全の目的が達成せらるゝのである。

尚圓盤(7)に「ピン」を固植し、静止面(4)及端蓋(5)の内面に案内溝を設け夫々嵌合すべくしても同様の働きを行はせ得る。

又圓盤の一面に於いて等長の圓弧状案内溝を等間隔毎に設け他面に於いては前記の相隣る案内溝の端に重合する如く夫々案内溝を設くる時は、各重合部に於いて操作軸の「ノッチ」位置を決める事が出来る。更に「ピン」(10)(11)の位置を種々変更して圓盤(7)の回轉範囲を変更する事も出来、その應用は多種多様である。

(中野)



第1図

第2図

三菱 MG-450 型横研磨盤に就いて

名古屋製作所 岩 田 弘 之

1 緒 言

國家總力を擧げて生産力擴充に邁進しつつある現戦時
下に於ける工作機械に對する要求は先づ以て生産能力の
増進、操作の簡易化、耐久性の向上にあると思ふ。茲に
於いて、數年來この要求に副ふべき横研磨盤（プレイン・
シリンドリカル・グラインダー）を銳意開發中の所、最近、三菱
MG-450 型横研磨盤の完成を見たので、以下その概要
を記し参考に資する次第である。

2 特 徵

MG-450 型横研磨盤は操作が迅速簡単に出來、大部分の運動が油壓で自動的に又は半自動的に圓滑に行はれる。從つて、良き仕上面が得られ且、非常に研磨作業の能率をあげる事が出来る。

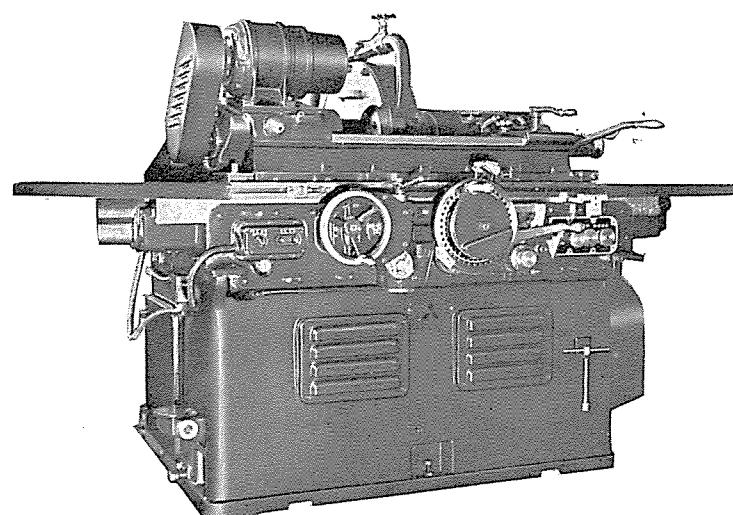
砥石台はベッドの上に固定され、主要鑄物は振動を防ぐために頑丈に造られ、主電動機（砥石軸、油壓ポンプ冷却ポンプ回轉用）は比較的大きい馬力のものを使用し V ベルトで直接に砥石軸を回轉してゐるので強力研削が出来る。又、迅速に操作し得る油壓式切込送り機構を有するため、作業者の疲労少く且つ多量生産が出来る。

加工物の回轉には主軸台に V ベルトとサイレント、チェン用ひ、又、往復研磨の際、テーブル逆行時の衝激を防いでゐるので美しい仕上面が得られる。尙、後述の機構を備ふるため精確な仕事が出来る。

制御用の押鉗・ハンドル・レバー・握り等は總て作業者が同じ位置にあるままで操作できる距離にある。テーブルの縦手送りをするには非常に軽く廻るハンドル車を廻せば直ちに油壓でテーブルが敏感に動く。切込研磨の時、加工物を砥石に近づけたり遠ざけたりするには、切込送りレバーを手で上下するだけで、作動は油壓により行はれるテーブル往復運動の起動停止、又は切込送りレバーを下げたり上げたりすると自動的に加工物の回轉並に冷却水の流が起動停止する様、凡て操作が簡易化されてゐる。

ベッド 其他主要鑄物は緻密な高抗張力の鑄鐵製であり充分にリブを付けて剛性を大にしてあるから永久に精度を保つ事が出来る。

本機の最も著しき特徴は（ア）テーブル往復運動が自動手動共に油壓により行はれる事、（イ）油壓式切込送り機構を有する事、（ウ）砥石台は固定されてゐる事である。



第1圖 MG-450型 横研磨盤

3 主要寸法

能 力:	テーブル上のスイング	175 精
	センター間の最大距離	460 精
	研磨し得る最大直径	150 精
主 軸 台:	加工物回轉数	100~420 R.P.M (60㎐=720)
	センターのテーパ	ブラウンシャーペ No. 10
心 押 台:	センターのテーパ	ブラウンシャーペ No. 10
砥 石 台:	砥石軸回轉数	1200 R.P.M
	砥石の寸法	標準 508φ×50×305φ (20"×2"×12") 特殊 508φ×75×305φ (20"×3"×12")
テ ー ブ ル:	テーブルの旋回角度	8°
	テーブル摺動速度	0.1~6 米/分
電 動 機:	主軸台電動機	電磁ブレーキ付 1/2 H.P 1200 R.P.M (220v. 60㎐)
	主電動機(砥石軸、油壓ポンプ、冷却ポンプ回轉用)	10 H.P 1200 R.P.M (220v. 60㎐)
一 般 仕 様:	床とセンター間距離	1080 精
	冷却ポンプ容量	90 立/分
	床面積	1490 精×2940 精
	正味重量	約 3600 吨

4 構造概要

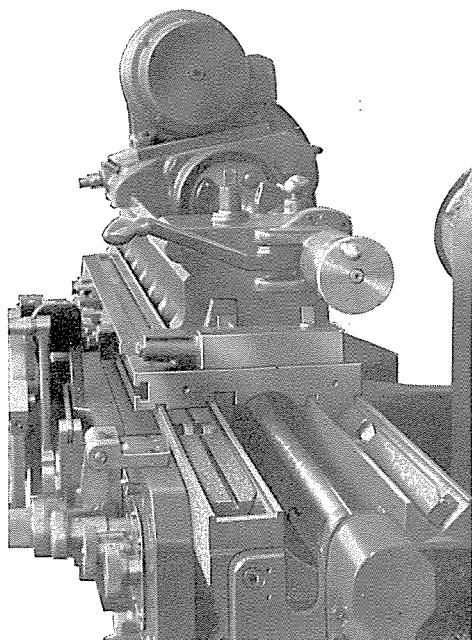
(1) ベッド

ベッドは矩形箱型の外観を持ち、剛性大なる鑄物で、その重量約 1.3 吨もあり、従つて、歪が出ぬから据付けて際しては振動なき基礎上に水平に置いただけで充分である。此の鑄物の中に清掃に便なる位置に冷却水の水溜が設けてある。

(2) テーブル

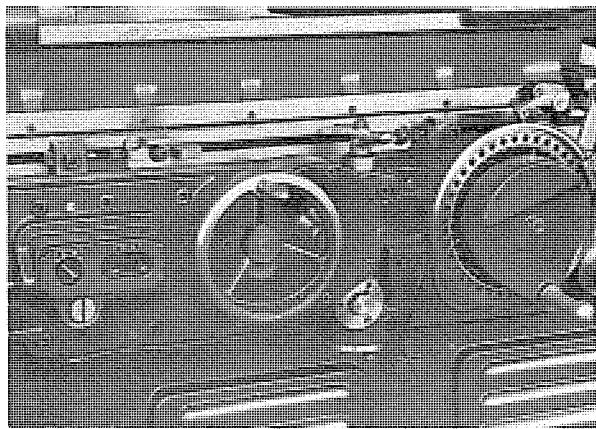
テーブルは三部分から成る。即ち、ベッド上に主テーブルがのり横方向の運動をし、その上に滑りテーブルがあつて縦方向の運動をなし、更に此の上に回りテーブルがあり主軸台と心押台が取付けてある。

主テーブルはE形の鑄物でベッドの中央にあるV溝上を前後方向に摺動し、その抵抗を減するため両端にあるコロでベッドの案内面上を動くやうになつてゐる。左右対称的な頑丈な鑄物でよく精度を保ち得る。主テーブルの前面に制御板が取付けられ操作用ハンドル、レバー、握り等が装備されてゐる。

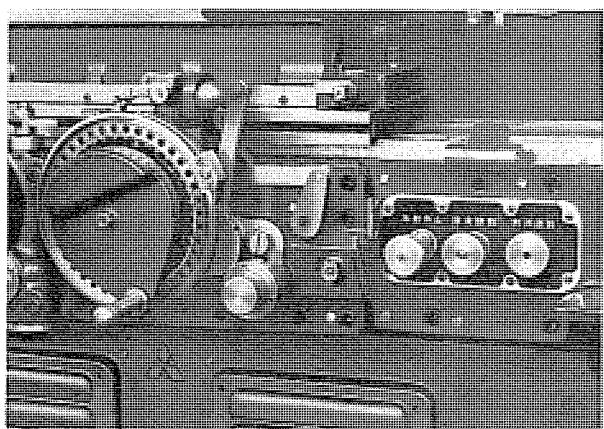


第2圖 テーブルとその摺動面

滑りテーブルは主テーブルの上面にあり、常に潤滑されたV形及平面形の摺動面上を滑動し、裏面に取付けられた



第3図 制御板左半部



第4図 制御板の右半部(切込送りレバーを上げた所)

れた油圧シリンダーに壓油が出入する事によつて往復運動をする。

回り テーブル は断面三角形の充分剛性のある鑄物で、良く主軸台と心押台の精度を保つ。右端の締付金の所にあるウォーム、軸を廻しピンの周りに旋回せしむる事により圓錐半角 8° までの勾配研磨が出来る様になつてゐる。

(3) 操作機構

(ア) テーブル 往復運動と制御弁

テーブル 縦送りは自動及手動共に油圧で行はれる。制御板の右端に右から削待調制弁(ターリーバルブ)、テーブル速度調制弁、テーブル起動停止弁の三つの握りが並んでゐる。此の起動停止弁握りを引出すと油圧シリンダーの一方側から壓油が入り、テーブルが所定の速度で動き出す、その速度は速度調制弁握りを廻す事により 0.1~6 米/分の間に無段变速できる。

滑り テーブル に取付けられた ドッグ が逆行 レバー に當り往復切換弁を動かして テーブル 運動の方向轉換をするが、その時の行程兩端で停る時間の調節は削待調制弁握りを廻す事により簡単に出来る。又、特に方向轉換の際の衝激をなくするやう工夫されてゐる。又、シリンダーの構造より左右何れの方向も同一速度であるため、加工物の仕上を綺麗にする事が出来る。テーブル 縦手送りは正面左側にあるハンドル車を廻して行はれる。ハンドル車は直接 テーブル を動かすのではなく、それにより非常に容易に動く弁を動かして シリンダー に壓油を供給して テーブル を動かすのであるから、作業者は極く僅かの力で ハンドル車を廻すだけでよい。従つて、 テーブル の運動を手先に感じうる。テーブル は ハンドル 車を廻してゐる間だけその回轉速

度に比例して動き、ハンドル車を止めた瞬間に テーブル は精確に止る。此の極めて容易且つ精確に制御しうる ハンドル 車を利用して非常に迅速に精確に加工物の ショルダー 部分の研磨を行ふ事が出来る。尙、此の程度の能力の横研磨盤では テーブル の手動により研磨作業する事がよくあるから此の機構は非常に有効である。

(イ) テーブル 横送り

機械正面中央にある ハンドル 車により主 テーブル 及び加工物を砥石に對し前後に手動できる。此の場合も動かす力は油圧であるから ハンドル は極めて軽い。

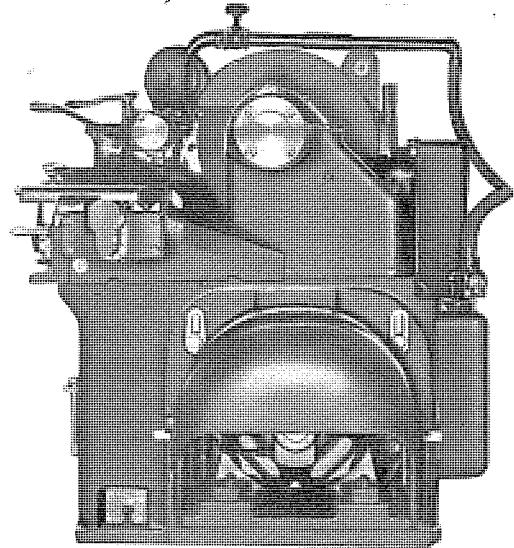
此の ハンドル 車の上部に見える爪を自動横送り弁により動かして爪車を廻はし テーブル 往復運動の行程端で自動的に横送りを行ひうる。その量は加工物直徑で 0.01 精度飛びに最大 0.1 精度まで加減できる。

(ウ) 切込送り

横送り ハンドル 車の右に見えるのが切込送り レバー である。切込送り レバー を堅の位置から下向に倒すと主 テーブル が砥石に 10 精度近づく、即ち、最初の半分では 9 精度急速に近づき残り半分で 1 精度研磨速度で近づく、此の切込送りの速度は一定せるものでなく、 レバー を動かす速さに従ふから作業者の自由である。 レバー を堅の位置に戻すと主 テーブル は元の位置にかへる。切込送りを終つた時の主 テーブル の位置は精確である。 レバー を繰り返し上下した時の主 テーブル の位置の誤差は 0.005 精度以下にしてゐる。

(エ) 選擇弁と安全装置

切込送り レバー の右下に見えるのが選擇弁握りである。選擇弁は加工物の回轉と冷却水の運動を制御する弁に働く



第5圖 右側面
(固定された砥石台と主電動機が見える)

く油圧系統の切換をする。即ち、往復研磨をする場合は選擇辨握りを往復研磨の矢印方向に廻して起動停止辨握りを引出せば、加工物は回転を初め冷却水は流出し始める又、切込研磨をする場合は切込研磨の矢印の方向に廻して切込送りレバーを僅か倒すと加工物は回転を始め冷却水は流出し始める。

亦、選擇辨握りを廻すと安全裝置が働いて往復研磨中に切込送りレバーが絶対に操作せぬやうに成つてゐる。

(4) 研磨方法

(ア) 往復研磨(トラバース研磨)

切込送りレバーを水平に倒し、選擇辨握りを往復研磨の矢方向に廻し起動停止辨握りを引出すとテーブルは速度調制辨で調制された速度で動き始める、同時に加工物は回転を始め、冷却水は流出しだす。削待調制辨握りを廻す事によりテーブル往復運動の方向轉換の際の削待時間を調整できる。テーブルの逆行はドッグにより自動的に所要の距離で行ふ事が出来るが又、テーブル逆行レバーで手動にても行へる。テーブル往復運動の行程端で自動横送り辨の働きにより爪が爪車を廻して自動横送りが行はれる。

(イ) 切込研磨(プランチ・カット)

起動停止辨握りを押込み、選擇辨握りを切込研磨の矢方向に廻してから切込送りレバーをストップの位置まで倒せば切込運動を終る。此の時、約10°レバーを倒すと自動的に加工物は回転を始め冷却水は流出しだす。前述の如くレバーを倒す時、加工物が砥石に向つて前半で9

耗急速に近づき後半で1耗切込研磨速度で動き研磨作業を終る。砥石の磨耗に對する主テーブルの位置の補正は横送りハンドル車を廻して加工物の直徑で0.005耗とびに行へる。

(ウ) 往復研磨(加工物を取換へるために切込送りレバーを使用する場合)

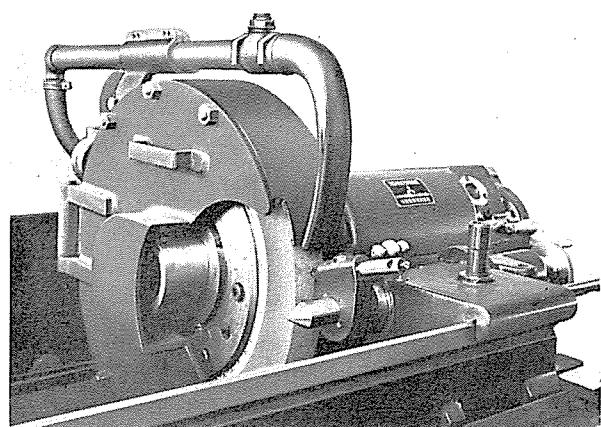
往復研磨が終つてから起動停止辨を押込み、切込送りレバーを引上げると、加工物は10耗砥石から離れるから加工物の取換へに便利である。

(5) 砥石台

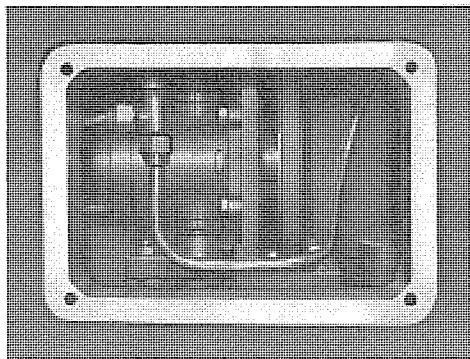
砥石台は頑丈な鑄物から成り、ベッドに固定されてゐて、加工物による位置ぎめや寸法ぎめの爲には制御機構主軸台、心押台をもつたテーブル全體が砥石台に近よつたり離れたりする。それは、主テーブルは砥石台よりも非常に重い部分であるから此の部分に振動を吸收させるやうにした。又、普通の研磨盤では比較的軽量の可動砥石台を有してゐるから加工物に對する砥石の研削壓力が砥石台を突き上げる様に働く、従つて研削量も制限されたり振動も起りうる譯であるが、此の型式では固定した砥石台からの研削壓力は全部主テーブルに當るから上記の心配はない。亦砥石台が頑丈なため砥石の修正は簡単にすみ砥石を經濟的に使用できる。

砥石軸は三分割式特殊青銅平軸受で支へられ、兩軸受間の距離は長く、全軸受面積は約795平方釐もある。潤滑はスプラッシュ式自動給油で油の流下する状態を前面の覗窓から點検する事が出来る。

砥石軸は油膜の上に浮いた状態で回転する。上部軸受金は外部から間隙を調節しうる。砥石軸々端には推力軸受があり、砥石軸自動往復装置をつけると砥石軸に0~5



第6圖 砥石台と心押台



第7圖 油 壓 ポンプ

耗軸方向に往復運動をさせられ切込研磨の際、加工物の仕上を良くし研削能率を非常に増進する。砥石軸は頑丈な鑄物の中に納められた主電動機から7本のVベルトで回轉されてゐるから電動機の出力を充分有効に利用できる。而して、研削量は加工物に正味働く馬力に比例するから、本機には比較的大きい出力の電動機を用ひてゐる從つて、研削能率をあげる事が出事る。Vベルト付の延びや磨耗に對しては電動機取付台を上下して容易に調節できる。

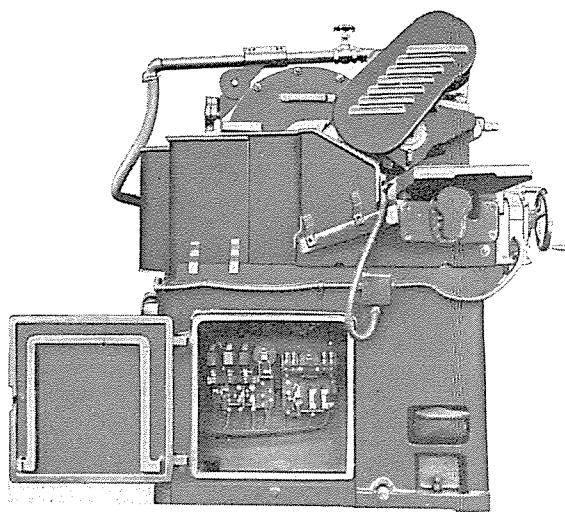
(6) 主軸台と心押台

主軸台は廣い支持面にて回り テーブル 上の任意の位置に締付ける事が出来る。背面にブレーキ付電動機があつてVベルトで中間軸を廻し中間軸から サイレントチェンで回し板を回轉して加工物に回轉を與へる。即ち、此の主軸はデッドセンターである。此の傳導機構には歯車の接觸がないから力が加工物に圓滑に傳へられる。Vベルトを掛換へて加工物の回轉數を四段にかへられる。サイレントチェンの磨耗に對する張力の調整は接觸子を押して簡単に調整できる。亦、ブレーキ付電動機を調整して加工物の停止時間を調整する事が出來、瞬間に停止する事も出来る。心押台も廣い支持面にて回り テーブル 上の任意の位置に取付ける事が出来る。心押台のセンターを納めた心押軸は右端のハンドル車を廻して出入する事も出来るし、バネで押された敏速作動用 レバー によつても出入出来るから、小さな同じ加工物を多數研磨する時に加工物の取換へをレバーで迅速に行へる。

心押台に砥石修正装置が取付けてあるから、兩センター間に加工物を支持したままで即ち作業の途中で修正を行へる利點がある。

(7) 油壓ポンプ及冷却ポンプ

ベッドの内部に油壓系統用油タンクが納められてゐて、



第8圖 左側面

その上に油壓ポンプが取付けてあり、主電動機からVベルトで回轉されてゐる。此の油壓ポンプは橢圓形のポンプ室内を羽根が回轉する所謂る平衡式羽根型ロータリーポンプである。吐出壓力は安全弁により18気壓に調整してゐる。吐出量は1200 R.P.M の時約15立/分である。冷却ポンプはベッド後面に取付けてあつて主電動機からVベルトで回轉されてゐる。從つて、砥石が回轉中は常に冷却ポンプは回轉してゐるが前述の如く冷却水制御弁に油壓が作用してゐない時は流出を止められる。

(8) 電 氣 裝 置

起動盤は主電動機及主軸台電動機用二個の電磁接觸器より成り、ベッドの左端内部に納められ保護されてゐる。

開閉器は押鉗・捺り開閉器及制限開閉器より成り機械正面の左端に取付けられてゐる。此の押鉗開閉器により主電動機が起動停止される。捺り開閉器には制限開閉器と制限開閉器弁が連絡してゐて主電動機が運轉してゐる時に、「入」の状態にしておいて前述の如く起動停止弁握り又は切込送りレバーを操作した時に制限開閉器弁に油壓が働くと主軸用電動機が起動し、油壓が切れると停止する。

電動機に過電流が通する時は、起動盤に取付けられた熱動過負荷繼電器が作動し、電磁接觸器を開路し電動機を保護するやうになつてゐる。

5 結 言

以上は MG-450 型横研磨盤の概略の説明であるが、今後共、設計並に工作上益々研究をし、一層の改良進歩を期してゐる次第である。

大容量液體抵抗器に就いて

長崎製作所 山島一次

1 緒 言

大容量誘導電動機の起動及び速度制御用の抵抗器として、金属抵抗器よりも液體抵抗器が、色々の點で有利であることは、今更申す迄もないことである。當社は多年液體抵抗器の改良に努め、既に起動器或は滑り調整器として、各方面に多數納入し、其の數は 1000 馬力以上のものにても〇〇台以上に及び、容量に於ては 5000 馬力或は 6000 馬力用滑り調整器を製作した経験を有して居る。是等は何れも極めて好成績を収めて居るのであるが、今回是等從來の記録を遙かに凌駕する大容量液體抵抗器の註文を受け、最近製作を完了した。

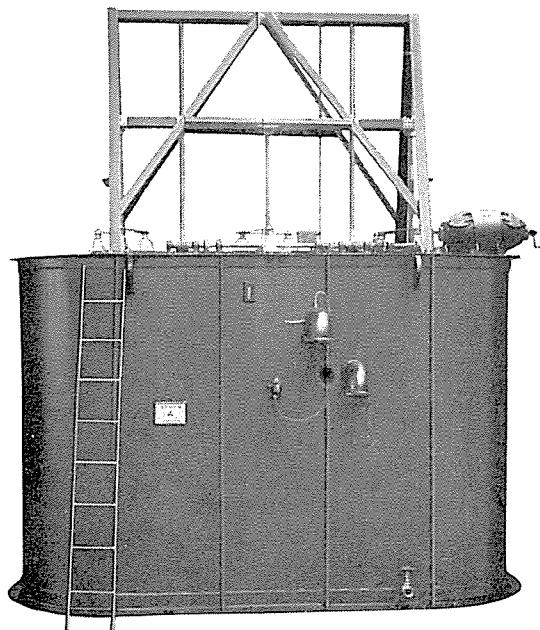
液體抵抗器の構造及び液の冷却方法には色々の方式があるが、今回は從來の方式に改良を加へた結果、驚異的大容量であるにもかかわらず、抵抗器自體の外形寸法を從來の 6000 ~ 7000 馬力用のものと大差ないものとすることが出來た。これは色々の點から見て、充分注目するに足るものであるから、茲に大體の構造を述べることとする。

2 構 造

液體抵抗器の中で失はれる電力は、熱となつて抵抗液の温度を上昇せしめる。勿論液槽の表面からも熱の放散は行はれるが、極めて少いから、速度制御用などの様に連續使用する場合は、冷却装置により抵抗液を冷却しなければならない。一般に大容量液體抵抗器では水冷却装置をつけるのであるが、數千馬力用にもなると、液槽内に冷却水循環用の管を装置した所謂冷却器自藏式では充分の冷却効果を收めることは困難である。當社では大體 1000 馬力用以下は冷却器自藏式で、それ以上には別個の冷却器を用ひることを標準として居る。

本抵抗器にも別個に冷却器を具へ、抵抗液をポンプによつて循環せしめる方式を採用して居るが、冷却器により冷却された液は、獨特の方法によつて電極の下から、電極附近の發熱部分に送られ、積極的に液の循環を行ひ局部的過熱をさけて、冷却効果を増す様にしてゐる。

第 1 圖は本抵抗器である。鋼板製液槽内に 3 個の絶縁筒を置き、各相の電極を夫々此の筒内に配置してゐる。可動電極は上部液槽外で、互に接続して電氣的に中性點をなすと共に、操作機構によつて上下せしめ、固定電極との間隙を變へて、抵抗値の加減を行ふものである。



第 1 圖 液體抵抗器

液槽は軟鋼板を電氣熔接によつて製作したものである。液槽の蓋の部分は溝形鋼の骨組に鋼板を張つて防塵型としてある。電極及び操作機構は總て此の蓋に取付けてあるから、是等は組立てたまま、液槽から引き出すことが出来る。又此の蓋には數個の長圓形の孔があり、平常は小蓋で此の孔を塞ぎ、密閉して置くのであるが、小蓋を反対に取付けると、適當の隙が出来るので、液槽の前面には、冷却器との連絡管・液面計・溫度繼電器・液排出弁等を取付けてある。

3 電 極

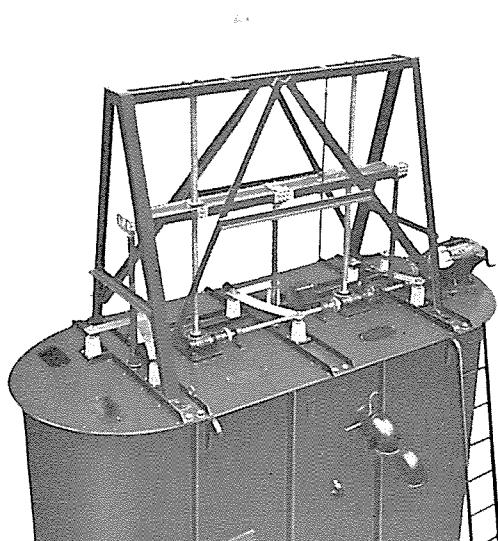
電極は上下に對向して置かれた、鋼板製圓形の板から

成つて居る。下側は固定電極であつてゴム管により絶縁された3本の導體によつて、液槽の上部に引き出し、電動機の回轉子に接続する。可動電極は中央に1本の導體棒を取り付け、此の棒を上部液槽外で電氣的及び機械的に接続し、操作機構によつて上下に動かす様になつてゐる。又可動電極には浮子をつけて、操作機構にかかる可動部の重量を減じて、操作を軽くする様にして居る。各相の電極は、耐アルカリ陶器製の絶縁筒によつて互に絶縁されてゐる。此の絶縁筒には液循環用の小さい管があつて、冷却器から來た液は此の管に導かれ、管の中を降つて、絶縁筒の底から筒内に入り、電極の下から筒内を上昇してポンプにより、再び冷却器に送られる。此の様にして液は絶縁筒内と冷却器の間を強制循環せしめられ、冷却された液は其の大部分が電極附近で熱を吸收して有効に利用される。

4 操作電動機及び操作構機

本抵抗器は特殊の用途に使用される物で、抵抗値を極めて頻繁に、微細に、且又廣範囲に加減する必要がある。

操作電動機は此の目的に適する様に、特殊設計に成る直流複巻電動機を用ひて居る。操作電動機は、變速歯車を経て一つのウオーム軸を回轉する。此の軸には2個のウオームがあり、夫々ウオーム・ホイールによつて、ネチ棒を回轉する。可動電極は、此のネチ棒の回轉により、上或は下に移動して、固定電極との間隙を變へる。第2圖は操作機構を示したものである。



第2圖 操作機構

操作電動機は、亂調を防止する爲に、發電制動を行ふ様になつて居るが、尙電磁ブレーキを並用して、急停止を行ひ、頻繁な正逆回轉に應する事が出来る様にしてある。

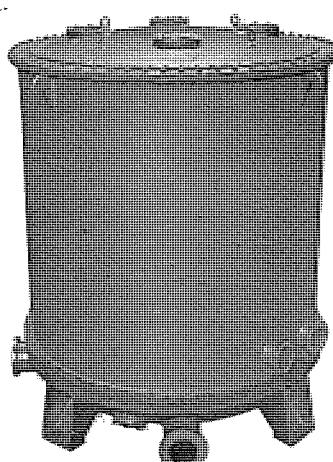
一般に電動操作の機器では、手動操作用のハンドルをつけて、必要な場合は手動操作も出来る様にするのが普通であるが、本抵抗器では手動用ハンドルを省略して、機構を簡単にしてゐる。是は用途が特殊で、手動操作を行ふことは全く必要ないからである。

之等の機構は極めて簡単であるから、電極の可動部の重量約450匁、浮子の浮力を差引いて尙200匁あるが、作動は極めて圓滑である。

5 冷却器

液體抵抗器の抵抗液としては炭酸ソーダ、或は苛性ソーダ等の液が使用されるが、濃度は大したものでないから液の比熱は1と考へて差支へない。従つて液體抵抗器は金属抵抗器に比較すれば、熱容量が非常に大きい。

本抵抗器に於ても、熱容量は相當に大きく、抵抗液が室温35°Cから、平均80°C迄上昇するとし、起動に一分間を要するとすれば、約〇萬馬力の電動機を、引續き五回起動せしめることが出来る。然し熱の發散する表面積が少いので、液槽の表面から發散する熱量は、液の平均温度80°Cの場合には、20kW程度に過ぎないのではないかと考へられる。勿論、之は液表面の温度、液槽の構造等により相當廣範囲に變るものである。



第3圖 冷却器

此の様に抵抗器自體から放散する熱の量は極めて少いから、抵抗器中に發生する熱は、全部冷却器により冷却されると考へなければならないから、冷却器は相當大型のものが必要である。

第3圖は冷却器の外觀である。鋼板製圓筒形の槽中に多數の冷却管を收め、冷却水は此の管の中を通り、抵抗液は管の外側を循環する様になつて居る。此の管は數個の扇形に分割配置し、抵抗液及び冷却水は、適當の速度と、一定の順序に従つて、此の間を通る様になつて居る。

6 結 言

以上で大體の構造を述べたが、本抵抗器と冷却器とを組合せた場合、其の容量は負荷によつて違ひがあるが、大體〇萬馬力程度である。

近年製鐵方面に於て盛んに大容量液體抵抗器が使用されて居て、其の容量も次第に増大する傾向にあるが、本抵抗器の様な超大容量のものは將來に於ても數多く製作されるものではないと思はれる。茲に大體の構造を述べて御参考に供した次第である。

耐震型切換開閉器

(登録實用新案第 306417 號)

本案は遠方制御式断路器操作機構の操作回路の選擇開閉に適用される切換開閉器に關し、作動確實にして而も電路の開閉何れの状態に於いても耐震的に確保される點を特徴とするものである。

圖に於いて、操作軸(15)を中正の断位置に在らしむる時は、該軸に固定せる圓弧状の「カム」(8)の中央部に設けた切込み(16)に、搖動桿(5)の末端に樞架せる「コロ」(9)が嵌入し該桿を中正位置に在らしめる。該桿は一對の「バネ」(10)(10)により左右に引張られてゐるから、震動に對し搖動桿を妄動させる事が無い。搖動桿(5)は軸(6)に樞着せられ他端には絶縁頭(7)を有しその兩面に接觸片(11)(12)が固定せられ固定接觸子(3)(4)に夫々對向してゐる。又接觸片(11)(12)は夫々可撓導線(13)により端子(14)に結ばれてゐる。

今操作軸(15)を反時計方向に回せば「コロ」(9)が「カム」の切込み(16)より脱出し「カム」の圓周に沿ひて轉動するから、搖動桿(5)は右側の「バネ」

(10)に抗しつゝ、軸(6)を中心として時計方向へ回はされ、圖の假線に示す如き位置を取り、接觸片(11)が固定接觸子(3)に壓接して、一方の電路を閉成するのである。此の時「コロ」(9)は「カム」の圓弧状をなせる外周面と壓接状態に在るから、震動衝撃に對しても閉路状態を確保する事が出来る。操作軸の反対方向操作に對しては、接觸片(12)が固定接觸子(4)に接觸する事勿論である。尙圖中(1)は筐体(2)は絶縁座台を示す。

(中野)

