



# 三菱電機

第 18 卷

昭和 17 年 6 月

第 6 號

## 内 容 目 次

相間 リアクトル 附六相格子制御水銀整流器の 相間 リアクトル に就て.....	175
衝撃波形直視装置に依る變壓器電位振動と 共振法に依る變壓器定數との關係.....	182
曲つた軸の直し方.....	191
自動再起動式電動 カム 型制御器.....	196
圓盤型電磁 ブレーキ に就て .....	202

# 三菱電機株式會社



# 三菱電機

第十八卷

昭和十七年六月

第六號

## 相間リアクトル 附六相格子制御水銀整流器の

### 相間リアクトルに就て

研究部 濱田時夫  
濱田賢

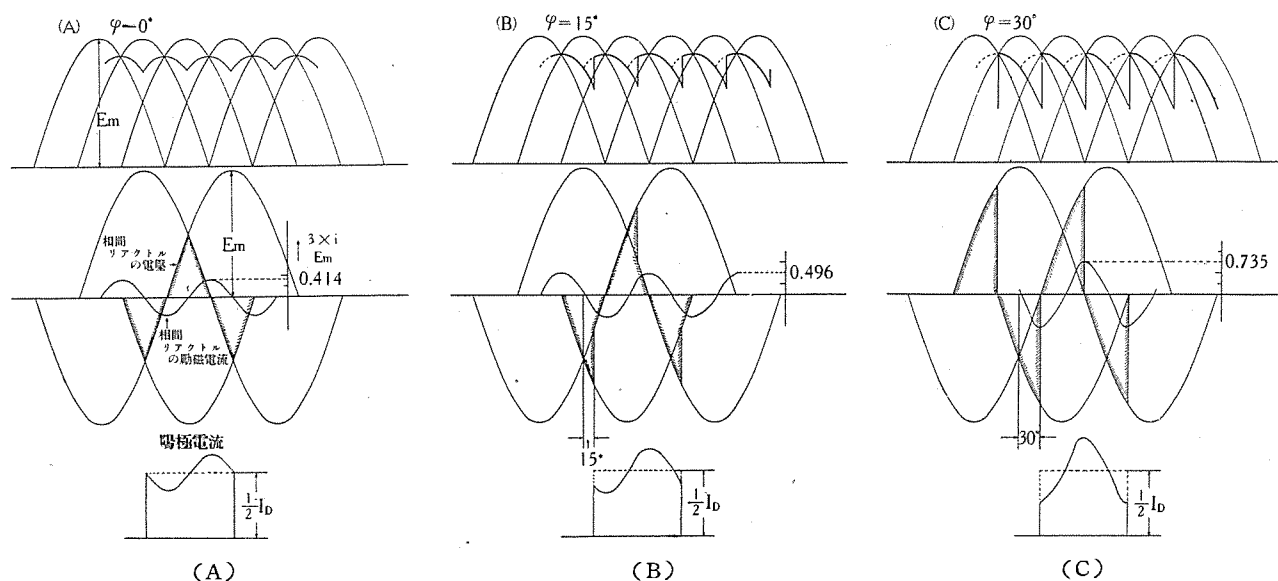
#### 〔Ⅰ〕 梗概

相間リアクトル 附六相格子制御水銀整流器の相間リアクトル電圧波形を求め、此れの勵磁電流から陽極電流波形を求めた。此の結果格子制御により推移電流が増加する事が判る。又相間リアクトルの鐵損に就て述べた。

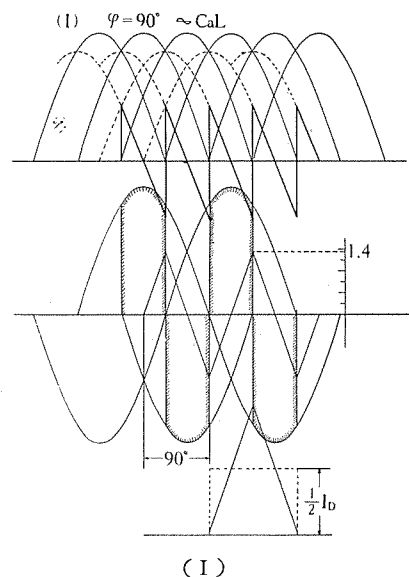
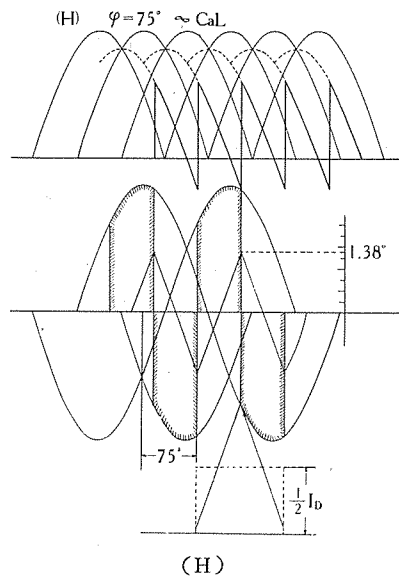
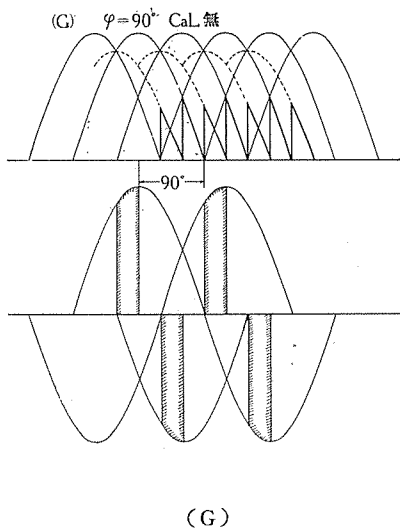
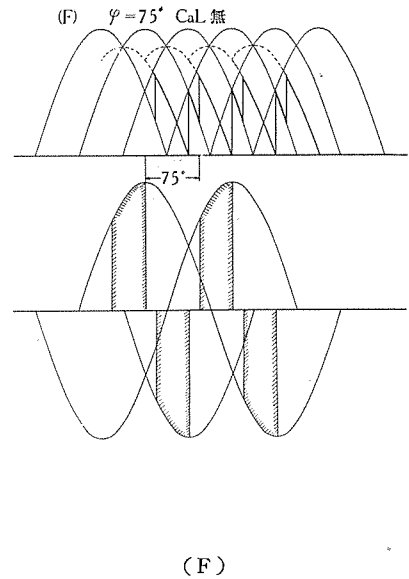
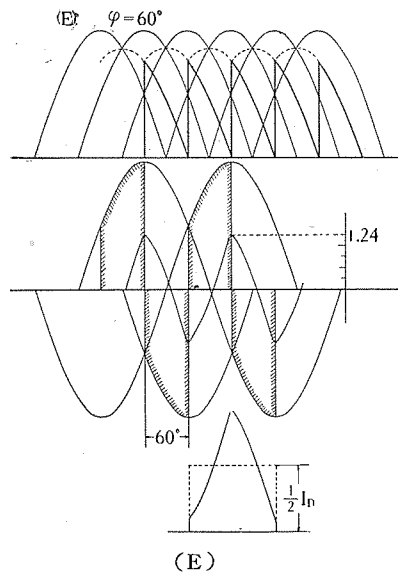
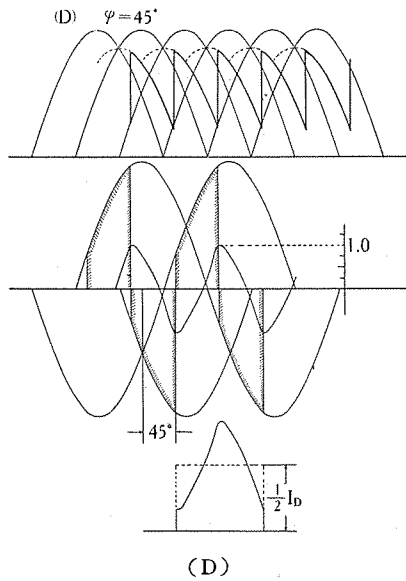
#### 〔Ⅱ〕 格子制御角と相間リアクトル電圧及び直流電壓

相間リアクトルの端子電圧は格子制御を行ふに伴ひ、其の大きさ及び波形が著しく變化する。第1圖(A)乃至(I)は整流器變壓器のインピーダンスを無視せる場合の相間リアクトル電圧  $E_{it}$  の波形及び直流電圧  $E_d$  の波形を制御角  $\varphi=90^\circ$  まで示せるものである。此れより大なる  $\varphi$  では相間リアクトルは單なるリアクタンスとして働く。

$60^\circ < \varphi < 90^\circ$  の範圍では、負荷側にリアクタンスのある場合と無き場合とは  $E_{it}$ 、 $E_d$  共に大いに事情が異り、第1圖(F)、(G)は負荷側にリアクタンス無き場合(O. Ca. L)で、圖の如く相間リアクトル電圧波形に欠目を生じ、此の期間は直流電圧は相電壓に復歸し、相間リアクトルは單に回路リアクタンスとして動作する。又第1圖(H)、(I)は負荷側に無限大のリアクタンスがある場合で( $\infty$  Ca. L)、此の場合は  $E_{it}$  の波形に欠目を生じない。第2圖に  $\varphi$  に對する相間リアクトル電圧の實効値  $E_{it}$  (相電壓に對する%で表す) 及び直流電圧の平均値  $E_d$  を示す。 $\infty$  Ca. Lの場合は  $\varphi$  が  $90^\circ$  まで相間リアクトルは完全に動作し、此の時  $E_d$  は零になる。但し此れは相間リアクトルの勵磁電流を無視せる場合で、實際は此の状態は實現し得ない。 $\varphi \geq 90^\circ$  では  $\infty$  Ca. L の場合も OCa. L の場合も單純六相となり  $E_d$  は圖の如く急騰する。但し此の際の相間リアクトルのリアクタンス降下を無視せる場合で、實際は此の  $\varphi$



第1圖 制御角と直流電壓、相間リアクトル電壓、其の勵磁電流及び陽極電流  
(第1圖 A, B, C, D, E, F, G, H, I)



の範囲では後述する如く相間リアクトルは大きなリアクタンスとして働くから、直流電圧の急騰は實現しない。

$0^\circ \leq \varphi \leq 150^\circ$  における  $E_D$  及び  $E_{it}$  の計算式を次に附記しておこう。

(i)  $0 \text{ Ca. L}$

$$0 \leq \varphi \leq 60^\circ$$

$$E_D = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} \sqrt{2} E \cos \varphi$$

$$E_{it} = E \sqrt{1 - \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} \cos 2\varphi}$$

$$60^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$

$$E_D = \frac{3}{2\pi} \sqrt{2} E \cos \left( \varphi - \frac{\pi}{6} \right)$$

$$E_{it} = E \sqrt{\frac{3}{\pi} \left\{ \frac{2\pi}{3} - \alpha + \frac{1}{2} \sin 2 \left( \alpha - \frac{\pi}{6} \right) \right\}}$$

$$90^\circ \leq \varphi \leq 150^\circ$$

$$E_D = \frac{3}{\pi} \sqrt{2} E \left\{ 1 - \sin \left( \varphi - \frac{\pi}{3} \right) \right\} \quad E_{it} = 0$$

(ii)  $\infty \text{ Ca. L}$

$$0 \leq \varphi \leq 90^\circ$$

$$E_D = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} \sqrt{2} E \cos \varphi$$

$$E_{it} = E \sqrt{1 - \frac{3\sqrt{3}}{\pi} \cos 2\varphi}$$

$$90^\circ \leq \varphi \leq 120^\circ$$

$$E_D = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} E \cos \left( \varphi - \frac{\pi}{6} \right) \quad E_{it} = 0$$

但し  $E$  は變壓器の相電壓である。

### 〔Ⅲ〕 陽極電流波形

陽極電流は前記の波形の相間リアクトル電圧を勵起すべき勵磁電流が直流電流に重疊せるものと考へられるから此の勵磁電流の波形を求める爲に相間リアクトル電圧を次の如くフーリエ級數に展開する必要がある。

$$e_{it} = \sum_n (A_n \sin 3n\theta + B_n \cos 3n\theta)$$

$$= \sum_n E_n \sin(3n\theta + \alpha_n)$$

$$E_n = \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \quad \alpha_n = \tan^{-1} \frac{B_n}{A_n}$$

$$\theta = 2\pi ft \quad (f: \text{電源の周波数})$$

$$A_n = \frac{6}{\pi} \left[ \int_0^{\frac{\pi}{6} + \varphi} E_m \sin \theta \sin 3n\theta \, d\theta + \int_{\frac{\pi}{6} + \varphi}^{\frac{\pi}{3}} E_m \sin \left( \theta + \frac{2\pi}{3} \right) \sin 3n\theta \, d\theta \right] \quad \left( 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{6} \right)$$

$$= \frac{6}{\pi} \int_{\varphi - \frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{6}} E_m \sin \theta \sin 3n\theta \, d\theta \quad \left( \frac{\pi}{6} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{\pi} \frac{6\sqrt{3}E}{9n^2 - 1} \sin \frac{n\pi}{2} \left( \cos \varphi \cos 3n\varphi + 3n \sin \varphi \sin 3n\varphi \right)$$

$$B_n = \frac{6}{\pi} \left[ \int_0^{\frac{\pi}{6} + \varphi} E_m \sin \theta \cos 3n\theta \, d\theta + \int_{\frac{\pi}{6} + \varphi}^{\frac{\pi}{3}} E_m \sin \left( \theta + \frac{2\pi}{3} \right) \cos 3n\theta \, d\theta \right] \quad \left( 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{6} \right)$$

$$= \frac{6}{\pi} \int_{\varphi - \frac{\pi}{6}}^{\varphi + \frac{\pi}{6}} E_m \sin \theta \cos 3n\theta \, d\theta \quad \left( \frac{\pi}{6} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{\pi} \frac{6\sqrt{3}E_m}{9n^2 - 1} \sin \frac{n\pi}{2} \left( -\cos \varphi \sin 3n\varphi + 3n \sin \varphi \cos 3n\varphi \right)$$

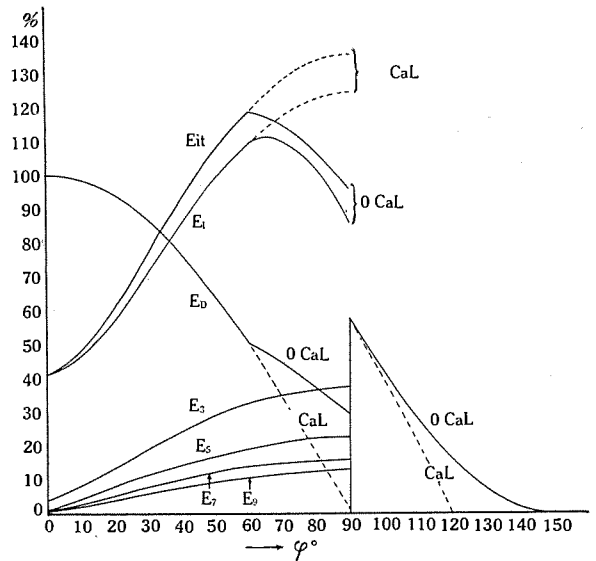
$$E_n = \sqrt{A_n^2 + B_n^2} = \frac{1}{\pi} \frac{6\sqrt{3}E_m}{9n^2 - 1} \sqrt{\cos^2 \varphi + 9n^2 \sin^2 \varphi}$$

$$\alpha_n = \tan^{-1} \frac{B_n}{A_n} = \tan^{-1} \frac{kg^{-1} - kg \frac{3n\varphi + 3nkg\varphi}{1 + 3nkg\varphi kg 3n\varphi}}{1 + 3nkg\varphi kg 3n\varphi}$$

但し  $E_m$  は変圧器相電圧の最高値である。第2圖にこれらの  $A_n, B_n$  より求めた  $E_n$  の値を  $n=9$  まで  $E_m$  に對する%で示してある。相間リアクトルの鐵心は格子制御を行つても飽和せず、又其の鐵損並びに整流器内の電弧電壓降下、變壓器のインピーダンスを無視すれば、相間リアクトルの勵磁電流  $i$  は次の如くして求められる。

$$i = \sum \frac{E_n}{3nX} \sin \left( 3n\theta + \alpha_n - \frac{\pi}{2} \right)$$

但し  $X$  は電源の周波数における相間リアクトルのリアクタンスである。第1圖にかくして求めた勵磁電流に比例する  $\frac{3X}{E_m} i$  の波形、並びにこれが直流電流に重疊するものとして求めた陽極電流の波形を示す。但し整流器の負荷側には無限大のリアクタンスがあつて、陽極電流の負荷分は完全に平滑なものとしてゐる。此のリアクタンスが無け



第2圖 制御角と相間リアクトル電壓及び直流電壓

れば、 $60^\circ < \varphi < 90^\circ$  では前述の如く相間リアクトルの働かない期間を生ずるから、此の期間では陽極電流波形を上記の如くして求める事は出来ない。

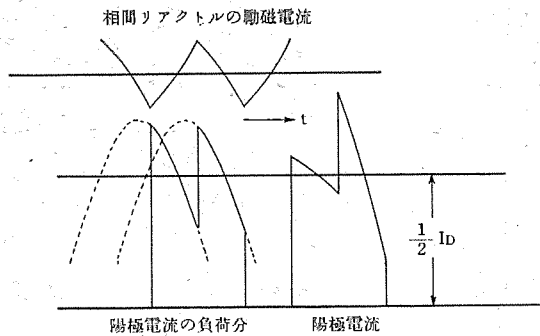
第一圖に明らかなる如く、格子制御を行ふにつれて相間リアクトルの勵磁電流が大になるから負荷電流  $I_D$  の  $1/2$  が此の勵磁電流の振幅より小になれば、相間リアクトルは其の本來の機能を失ふ期間を生じて来る。即ち純粹六相から相間リアクトル附六相に轉移する所謂推移電流は格子制御を行ふにつれて増大する。負荷側にリアクタンスがなければ、陽極電流波形は直流電壓波形に準じて變化する負荷電流分と勵

磁電流が重疊するものなる故、例へば  $\varphi = 45^\circ$  では第3圖の如くなる。(第1圖(D)及び第5圖オシログラム参照)。第3圖より明らかなる如く、格子制御を行ふ事により負荷側にリアクタンスの無い場合には、推移電流は單に相間リアクトルの勵磁電流によつて決まらず直流電壓の波形の影響によつて著しく増大する(第9圖参照)

第1圖に示す勵磁電流は前記の諸假定の許では、又直ちに相間リアクトル鐵心内の磁束波形を示す。

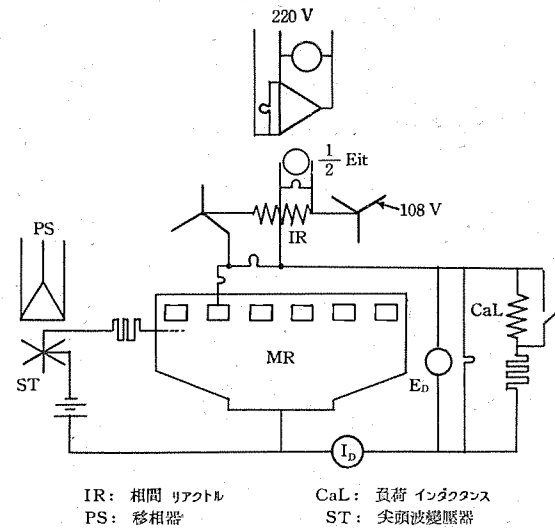
#### (IV) 實 驗

第4圖は實驗裝置の結線を示す。負荷側リアクタンスとしては450 kVA、一次3300 V 二次1500 Vの整流器用變壓器の二次の一相を用いた。又相間リアクトルは鐵心に空隙を設けて特に勵磁電流を多くしてある。第5圖のオ



第 3 圖 負荷側 リアクタンス 無き場合の陽極電流  
( $\varphi=45^\circ$ )

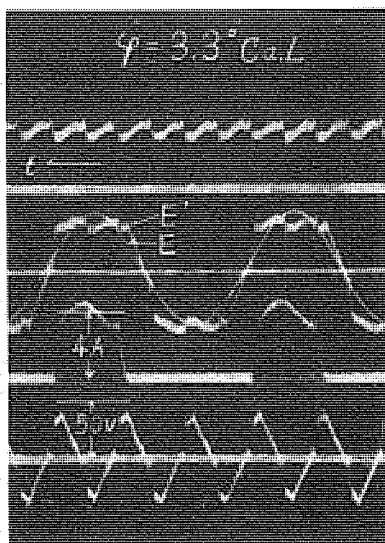
ツシログラムは負荷側リアクタンスのある場合と (Ca.L の符號あるもの) 無い場合の格子制御の状況を示すもので、オツシログラムの上部から順次直流電圧  $E_D$ 、變壓器一次側電圧  $E$ 、二次相電圧 ( $E$  と同相にして、振れの大きさを等しく調整してある。) と相間リアクトルの代数和を示す  $E'$ 、陽極電流、並びに相間リアクトルの中性點と一端子間の電圧である。  $E'$  の陽極電流の通つてゐる間の波形は即ち理論的直流電圧で、これから整流器の電弧電圧を差引いたものが  $E_D$  である。オツシログラムの二、三について少しく説明すれば、 $\varphi=78^\circ$  Ca.L のものは  $I_D=3.6A$  では未だ推移電流に達せず直流電圧が相電壓に復歸してゐるのが見られる。又  $\varphi=72.5^\circ$  (Ca.L 無し) のものは、 $I_D=8A$  で未だ推移電流に達せず、相間リアクトルがリアクタンスとして働いてゐる期間がある。此の爲直流電圧は相電壓に完全には復歸してゐない。 $\varphi=75^\circ$  (Ca.L 無し) のものは勵磁電流の少ない充分に大きな相間リアクトルを用いたもので、此の時は  $I_D=8A$  で相間リアクトルは完全に働いてゐる。Ca.L 無き  $60^\circ < \varphi < 90^\circ$  の範圍では、相間リアクトルが完全に働いてゐる爲には變壓器の



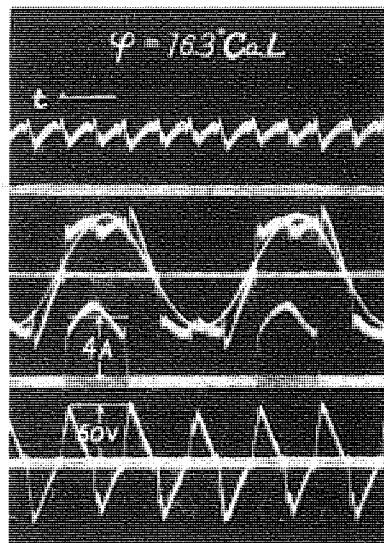
第 4 圖 結線圖

リアクタンスを必要とする。此の事は Ca.L の有る場合と無い場合のオツシログラムの  $E'$  の波形を比較すれば判る。

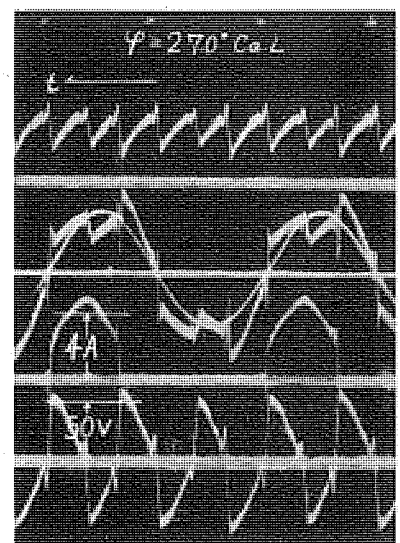
第 6 圖は格子制御を行つた場合の直流電圧  $E_D$ 、相間リアクトル電圧  $E_{it}$  (相電壓に對する%) の實測値である。前述の如く格子制御をすれば推移電流が増加するから、直流電流は常に推移電流に保つてゐる。同圖に此の推移電流をも圖示してある。推移電流を測定するには整流器の一つの中性點と相間リアクトル端子間の電流波形をオシログラムにて觀察し、電流波形に欠目がなく連續して流れる直流電流を以て推移電流とした。但し此の際使用した相間リアクトルは第 5 圖のオツシログラムの撮映に使用したものとは異り 0.88KVA 單相變壓器の中性點付き 200V の端子を使用してゐる。負荷側にリアクタンスのある場合は、整流器の電弧電圧の爲略  $\varphi=70^\circ$  で直流電圧は殆ど零になり、此れ以上では相間リアクトルは完全には働いて



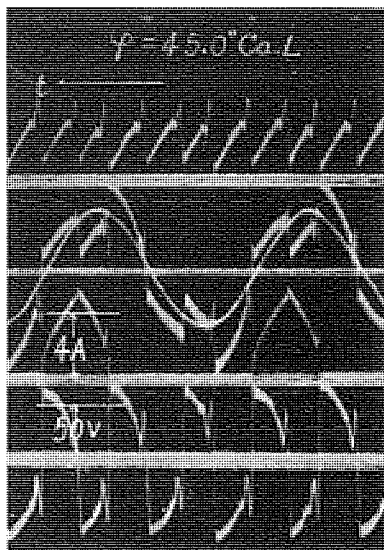
$\varphi=3.3^\circ$  Ca.L  
 $E_D=97V$   $I_D=8A$   
 $E_{it}=38.4V$   $E_p=218V$



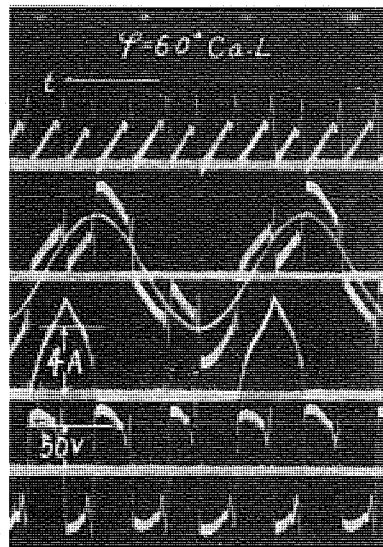
$\varphi=16.3^\circ$  Ca.L  
 $E_D=94V$   $I_D=8A$   
 $E_{it}=43.4V$   $E_p=218V$



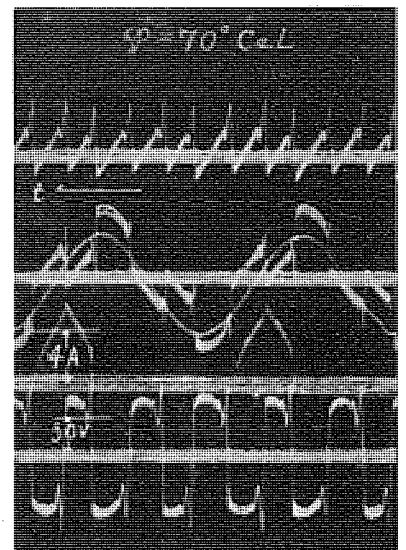
$\varphi=27.0^\circ$  Ca.L  
 $E_D=86V$   $I_D=8A$   
 $E_{it}=56.0V$   $E_p=218V$



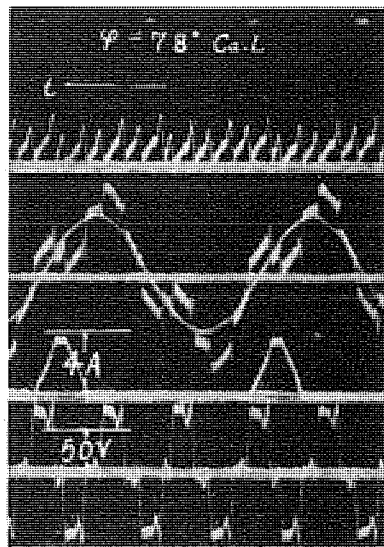
$\varphi = 45^\circ$  Ca.L.  
 $E_D = 69.5V$   $I_D = 8A$   
 $E_{it} = 72.8V$   $E_P = 217$



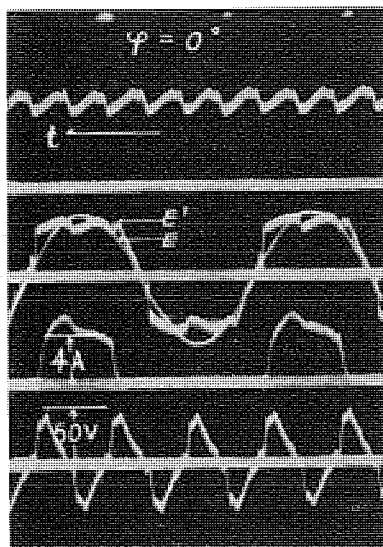
$\varphi = 60^\circ$  Ca.L.  
 $E_D = 49.0V$   $I_D = 8A$   
 $E_{it} = 88.2V$   $E_P = 216V$



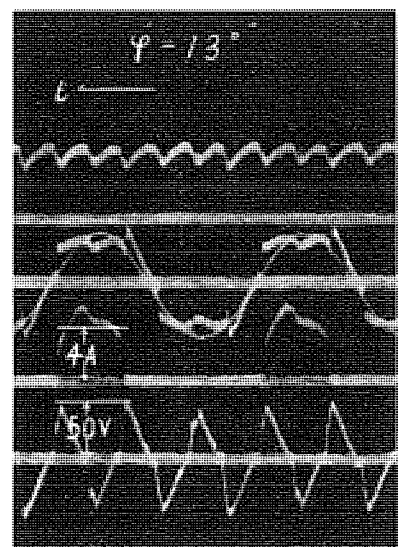
$\varphi = 70^\circ$  Ca.L.  
 $E_D = 17.0V$   $I_D = 8A$   
 $E_{it} = 89.0V$   $E_P = 202V$



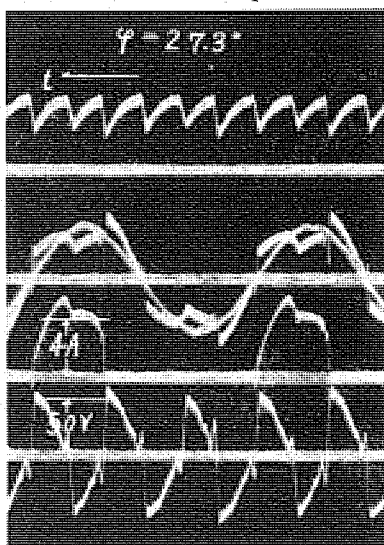
$\varphi = 78^\circ$  Ca.L.  
 $E_D = 39.8V$   $I_D = 3.6A$   
 $E_{it} = 81.0V$   $E_P = 230V$



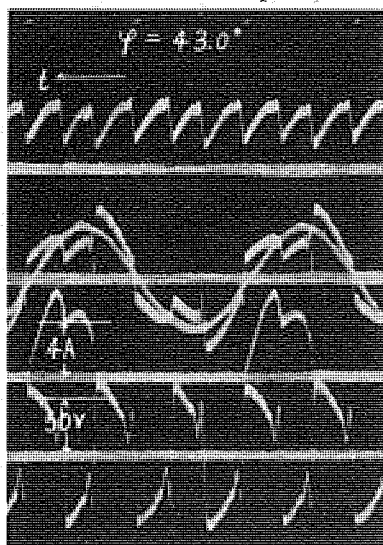
$\varphi = 0^\circ$   
 $E_D = 97.5V$   $I_D = 8A$   
 $E_{it} = 38.6V$   $E_P = 218V$



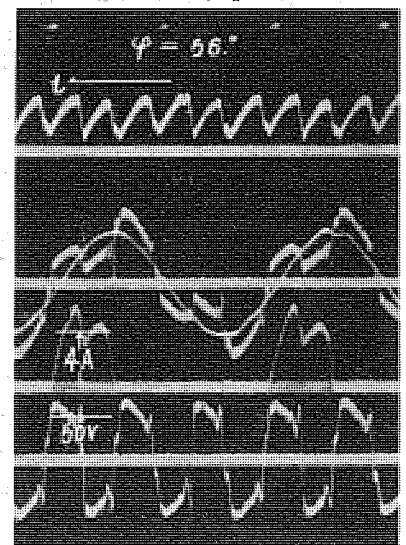
$\varphi = 13^\circ$   
 $E_D = 90.0V$   $I_D = 8A$   
 $E_{it} = 41.0V$   $E_P = 208V$



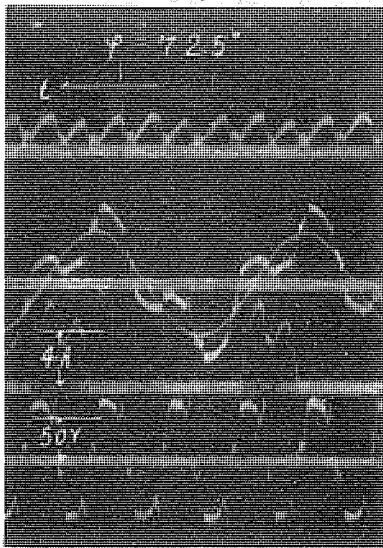
$\varphi = 27.3^\circ$   
 $E_D = 82.0V$   $I_D = 8A$   
 $E_{it} = 53.0V$   $E_P = 208V$



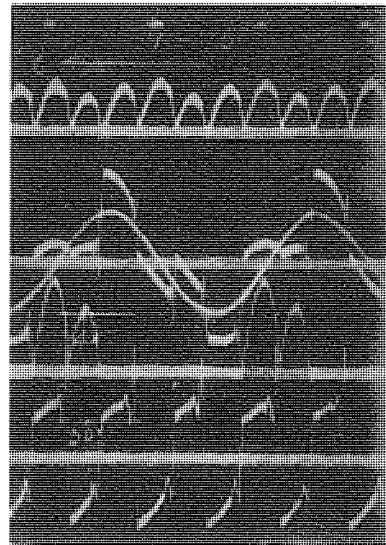
$\varphi = 43.0^\circ$   
 $E_D = 67.4V$   $I_D = 8A$   
 $E_{it} = 68.0V$   $E_P = 209$



$\varphi = 56^\circ$   
 $E_D = 49.0V$   $I_D = 8A$   
 $E_{it} = 78.6V$   $E_P = 207V$

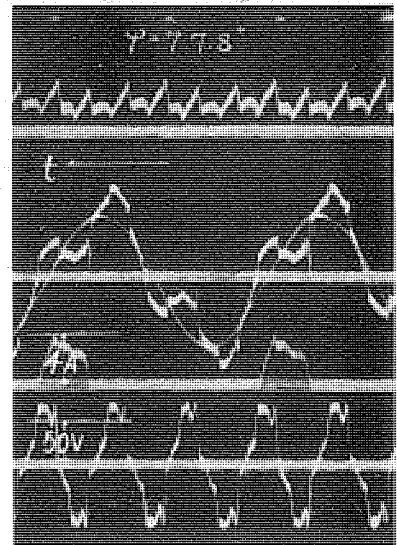
 $\varphi=72.5^\circ$ 

$E_D=27.0V$   $I_D=8A$   
 $E_{it}=83.0V$   $E_P=208V$

 $\varphi=75^\circ$ 

$E_D=13.5V$   $I_D=8A$   
 $E_{it}=106.0V$   $E_P=209V$

第 5 圖

 $\varphi=77.8^\circ$ 

$E_D=39.0V$   $I_D=3.8A$   
 $E_{it}=75.0V$   $E_P=214V$

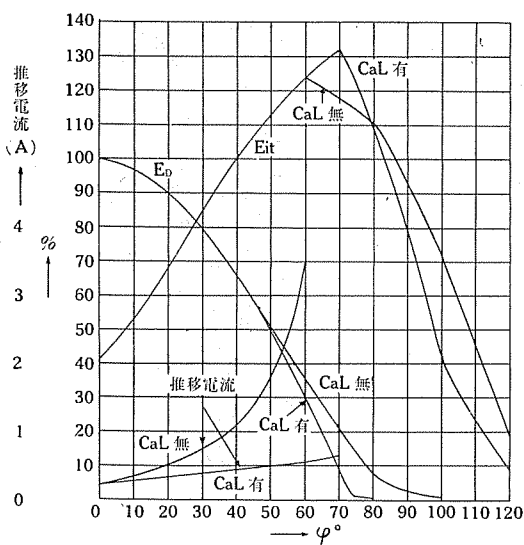
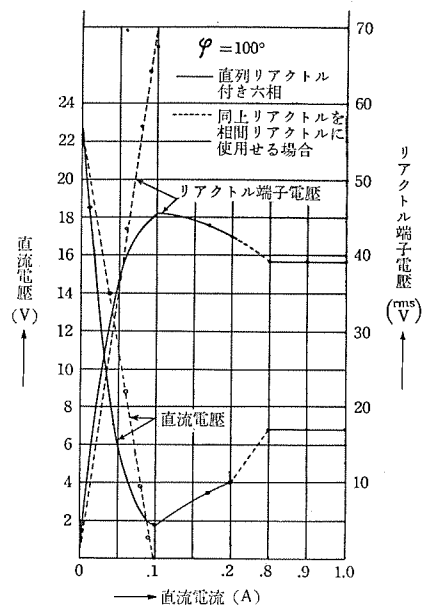
なくなる。

$\varphi > 90^\circ$  では相間リアクトルは大きなリアクタンスとして働き直流電圧変動率は極めて大である。第7圖は  $\varphi=100^\circ$  における相間リアクトルを使用せる場合と同じ相間リアクトルを負荷の直列リアクトルに使用せる場合の電圧変動並びに兩者の場合におけるリアクトル端子電圧の實効値の測定結果である。即ちリアクトルを相間リアクトルとして使用せる場合と直列リアクトルとして使用せる場合とは事情が異なる。第8圖は  $\varphi=100^\circ$  における直流電圧、相間リアクトル電圧等を第5圖に倣つて撮影せるオシログラムで、此れより明らかなる如く相間リアクトルで電圧の降下を生じてゐる。aの場合で相間リアクトルにおける電圧降下はオシログラムの波形より計算せる結果7.5V、bの場合は21.2Vである。其の差即ちa、bの場合の直流電圧降

下13.7Vは實驗値10.8Vとよく一致する。又bの場合の直流電圧  $E_D$  + 相間リアクトルにおける電圧降下 = 28.6Vは、實驗値の無負荷電圧28Vとよく一致する。かくの如く相間リアクトルに依つて直流電圧が降下する原因については解釋をなし難い。

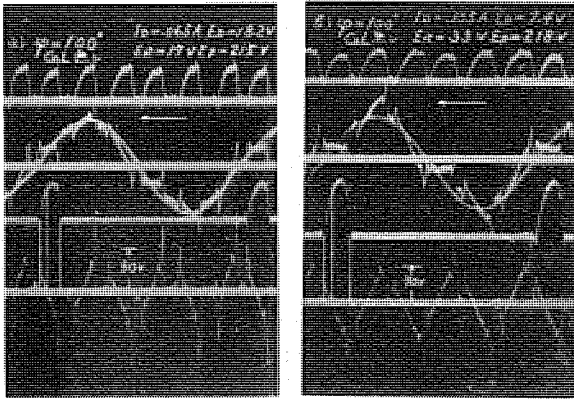
### 〔V〕 相間リアクトルの鐵損

相間リアクトルのヒステリシス損を決定する磁束の最高値  $\Phi$  は、上記の如く勵磁電流の最高値より求められるが又  $\Phi = E \times 10^6 / 4kfn$  の式よりも求められる。但し  $E$ ,  $k$ ,  $f$ ,  $n$  は夫々相間リアクトル電圧の實効値、其の波形率、周波数及び捲回数である。第9圖は  $\varphi=0$  の時の  $\Phi$

第6圖  $E_{it}$ ,  $E_D$  及び推移電流の實測値

第7圖 直流電流と直流電圧及びリアクトル端子電圧





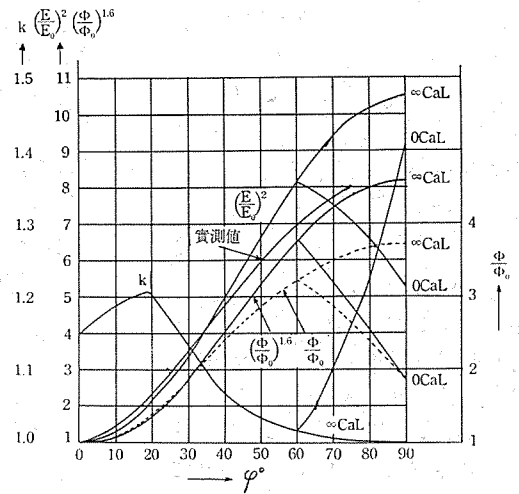
第 8 圖

( $=\Phi_0$ ) を基準にとつて上式より求めた  $\Phi_m$ 、ヒステリシス損の増加率を示す  $\left(\frac{\Phi}{\Phi_0}\right)^{1.6}$  並びに  $k$  の値を示す。

渦流損は電圧の実効値により  $aE^2$  ( $a$ : 常數) で決まるから、第 9 圖に此の損失の  $\varphi=0$  の時を基準とせる渦流損の増加率  $\left(\frac{E}{E_0}\right)^2$  を示してゐる。但し  $\lambda$  は不變とする又同圖に相間リアクトルと並列に他の相間リアクトルを挿入して、此れの鐵損を測定せる結果を  $\varphi=0$  を基準にして示してある。

## 〔Ⅵ〕 結 言

相間リアクトルの勵磁電流を計算する事により、陽極電流の波形を求め、此の結果が負荷側にリアクタンスのある



第 9 圖 相間リアクトルの鐵損

場合も無い場合も良く オツシログラム と一致する事を確めた。又此の計算の結果から格子制御を行ふ事により推移電流が増加し、特に負荷側にリアクタンスのない場合に著しい事が判り、此れを實驗によつて確めた。又格子制御により相間リアクトルの鉄損は著しく増大する事を確めた本文が相間リアクトルの設計に役立てば幸甚である。

## 参 考 文 献

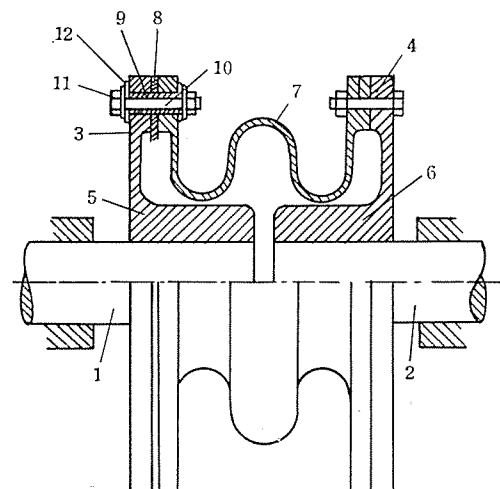
- (1) Otto Schiele Arch. f. Elekt. 1937 H. 11 S. 749
- (2) 毛利、龜田 日立評論 15 年 5 月

## 可 撓 絶 縁 接 手

(登録實用新案 第 313439 號)

從來發電機に直結せる勵磁機が、「ペダスタル」型又は「ブラケット」型なる場合には、軸電流を防止する目的を以て「ペダスタル」又は「ブラケット」及油管等を夫々絶縁する必要ありて、相當煩雜であつた。本案構造は可撓接手の一端部を、絶縁物を介して連結せらるべき兩軸の鏝部に締着し、簡易に軸電流を阻止せんとするものである。

即ち圖に於て、連結せらるべき兩軸 (1) (2) の對向端部に夫々鏝部 (3) (4) を有する套管 (5) (6) を挿着せしめ、兩鏝部 (3) (4) に、蛇腹式接手 (7) の兩端縁を締着し、少くとも一方の締着部分には、絶縁環 (8) を挟み、絶縁套管 (9) にて被包された「ボルト」(10) にて締着け、その「ナット」(11)



も絶縁物 12 を介して締着ける様にしてある。従つて軸流は此の絶縁部分に於いて完全に阻止せられ、在來の如く軸受及油管の絶縁手段は不要となり、全体としての構造が簡單となる利益がある。(中野)

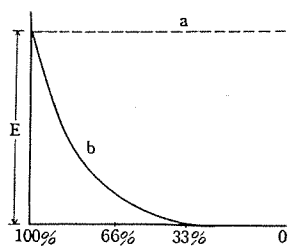


## 衝撃波形直視装置に依る變壓器電位振動と 共振法に依る變壓器定數との關係

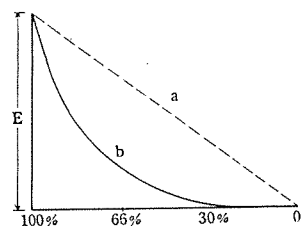
大阪工場 木村 久 男

### 1. 緒 言

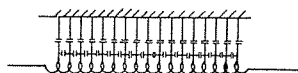
變壓器巻線の衝撃電圧による内部電位振動に関しては、既に各方面に於いて論じられて居る<sup>(1)</sup>。最近、當製作所に於いて完成せる 220 kV 50,000 kVA 變壓器についても、衝撃電圧試験を種々の方法で行ひ、その結果の一部は既に、電學誌に發表せられた<sup>(2)</sup>。内部電位振動についても、共振法による結果と、衝撃波形直視装置による振動記録を報告したわけであるが、この兩者の關係を結び付けて、分析する時間的餘裕が當時得られなかつた。最近に至り、之等の實驗結果の一部をまとめて波形分析



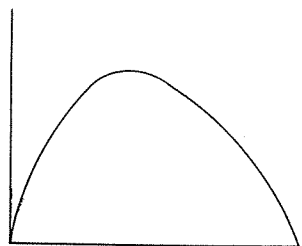
第 1 圖



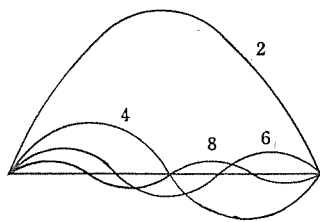
第 2 圖



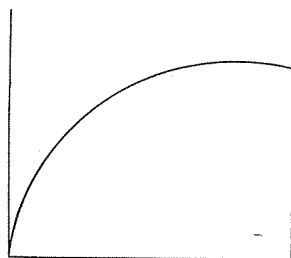
第 3 圖



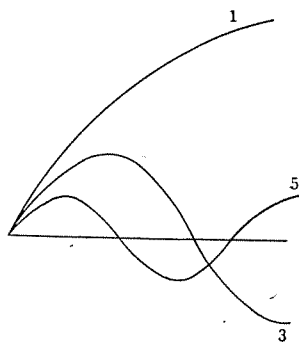
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖

を行ふことが出来たので、前の「衝撃電圧試験」の補遺として御報告申し上げたいと思ふ。尙この波形分析の一例は、昨年四月の聯合大會に<sup>(3)</sup>發表したものである。

### 2. 内部電位振動の電位分布

衝撃電圧波形は一般に  $E(t) = Ee^{-at}$  なる形で表現せられるが、この場合、初期電位分布は第 1 圖及び第 2 圖に示す如くなる。

第 1 圖は中性點接地の場合、第 2 圖は中性點開放の場合の電位分布であつて、 $b$  は初期電位分布、 $a$  は印加電圧波頭値  $E$  に対する最終電位分布を示す。即ち初期電位分布より、最終電位分布に向つて複雑なる振動をなすものと見られる。

今、巻線の自己容量インダクタンス、對地容量等を第 3 圖に示す如く均等なるものとすれば、内部電位振動の振動分は中性點接地の場合は第 4 圖及び第 5 圖、中性點開放の時は第 6 圖及び第 7 圖に示す如く、空間高調波に分析することが出来る。

然るして衝撃波形が前述の如く exponential に減衰する場合には第 1 圖及び第 2 圖の直線  $a$  はその減衰定數  $\alpha$  に依つて、次第に波高を減じて、零に近づく筈である。

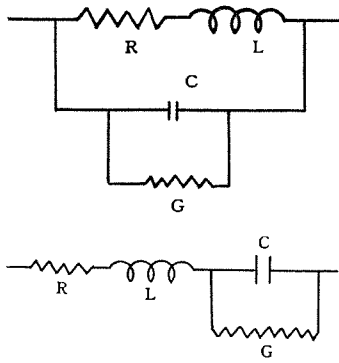
今、中性點接地の場合、巻線上任意の點  $x$  に於ける電位は

$$e_x = Ex \cdot e^{-at} + \sum U_s e^{-\beta s t} \cdot \sin s \omega x \cdot \cos \omega_s t \dots (1)$$

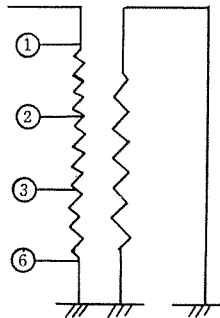
にて表はされる。 $s$  は空間高調波の次數をあらはし、偶數である。 $\beta s$  は夫々の空間波の減衰定數即ち壽命を表はして居る。

### 3. 共振法に依る固有振動周波數の測定

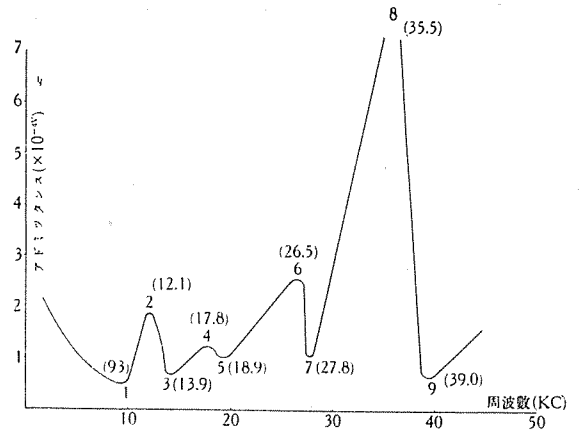
一般に電位振動の節と腹とは、夫々電流振動の腹と節にあたり、従つて變壓器端子より可變周波數の高調波一定電壓を印加したとき、その周波數が或る端子を電壓の節とする振動分の周波數と一致すれば、直列共振となりその端子の流入電流は増加し、逆にその端子を電壓の腹とする振動分の周波數と一致すれば、並列共振となつて流入電流は減少する。この方法により、前記各高調波の振動分が得られるから、各結線状態に於けるアドミタンス—周波數曲線、即ち共振曲線を求めることが出来る。之に於て極大點は直列共振となり、極小點は並列共振を



第 8 圖



第 9 圖



第 10 圖

らはす事になる。

#### 4. 電位振動の減衰

第 8 圖 (A) 並列共振回路及び (B) 直列共振回路の場合、自由振動の減衰は通常  $\varepsilon^{-at}$  を以てあらはす。茲に

$$\alpha = \frac{1}{2} \left( \frac{R}{L} + \frac{G}{C} \right) \dots \dots \dots (2)$$

$R$  は オーム

$L$  は ヘンリー

$C$  は ファラッド

$G$  は モー

$\varepsilon^{-at} = 0.5$  になる時間  $t_0$  を以て半減衰期又は壽命と呼ぶ事にする。

$$\alpha t_0 = 0.69$$

$$t_0 = 0.69/\alpha$$

此の壽命に就いて前記直列共振と並列共振の場合の測定回路から計算してみると、

直列共振の場合  $G = 0$

$$\alpha = R/2L \quad \therefore t_0 = 1.38L/R \dots \dots \dots (3.1)$$

並列共振の場合  $R = 0 \quad G = 1/R'$

$$\alpha = CR'/2 \quad \therefore t_0 = 1.38CR' \dots \dots \dots (3.2)$$

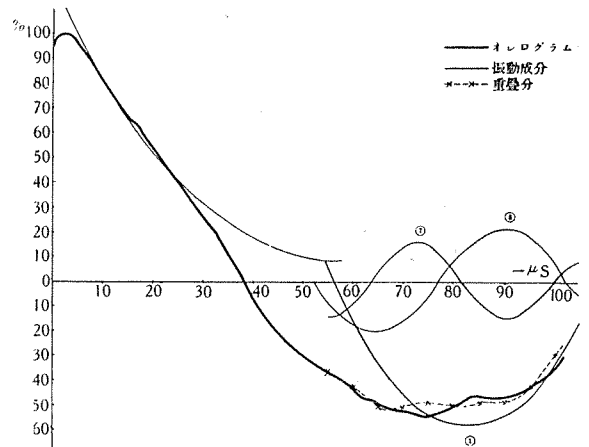
従つて、捲線の等価回路定数  $R, C, L$  等が各周波数について分れば、壽命は上式に依つて計算出来る譯である。之等の定数の求め方及び測定結果については、前に發表してある<sup>(2)</sup>ので此處には省く。

#### 5. 半成状態 (氣中) 中性點接地狀態の高壓側 ヲツプ の電位振動

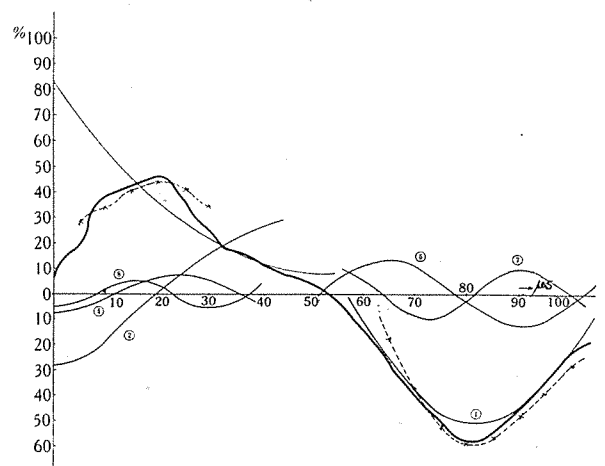
結線は第 9 圖に示す如くである。タップ ② ③ は中性點 ⑥ より夫々、 $\frac{2}{3}, \frac{1}{3}$  の處にある。

此の結線に對應する共振曲線は第 10 圖に示してある。この共振曲線より得られた高調波の周波数を以つて、オシログラム (直視装置によつて得られたもの) を分析したのが第 11 圖乃至第 13 圖である。

衝撃印加波形  $e = E\varepsilon^{-at}$  は端子 ① の波形より推定せ



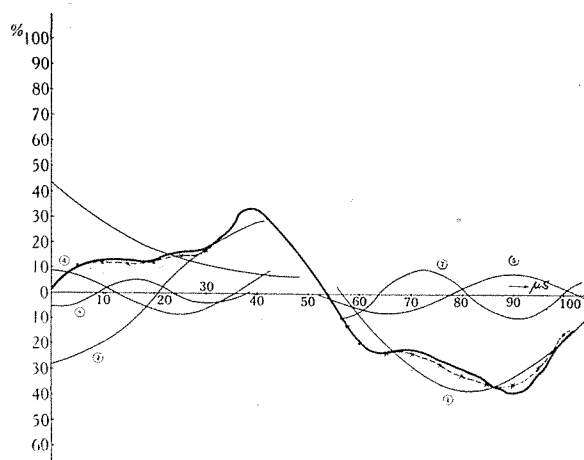
第 11 圖



第 12 圖

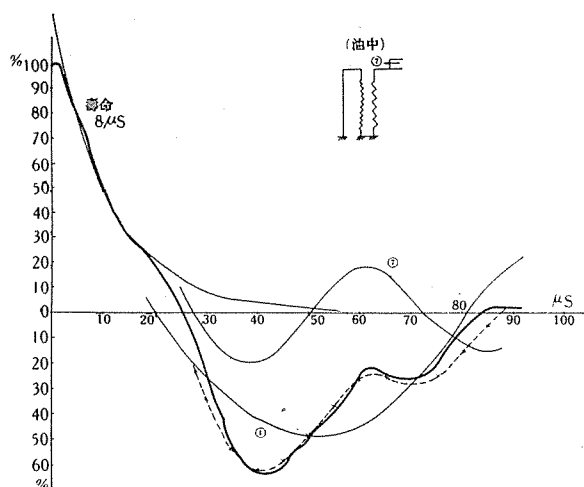
られ、壽命  $15 \mu s$  位の減衰波形である。之は振動の直成分と見られるものであるが之は端子 ②, ③ に於いては夫々  $\frac{2}{3} \cdot E, \frac{1}{3} \cdot E$  の大きさを持ち、 $15 \mu s$  の減衰率を以て減衰し、之を振動軸として、共振曲線の偶數分が各々の周波数を以つて振動が重疊するものと見られる。

第 11 圖に於いて  $30 \mu s$  の點あたりから波形が  $E\varepsilon^{-at}$  より著しく遠ざかつて居る。之は衝撃電壓發生器の靜電容量小なる爲、 $30 \mu s$  位で衝撃電壓發生器の間隙の電弧が

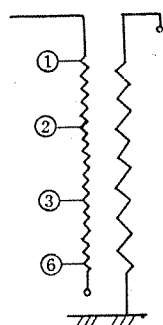


第13圖

第14圖



第15圖



第16圖

切れ、端子①は完全なる開放點、換言すれば、サージインピーダンスが無限大になつて、捲線自體の自由振動が生じたものと推定される。

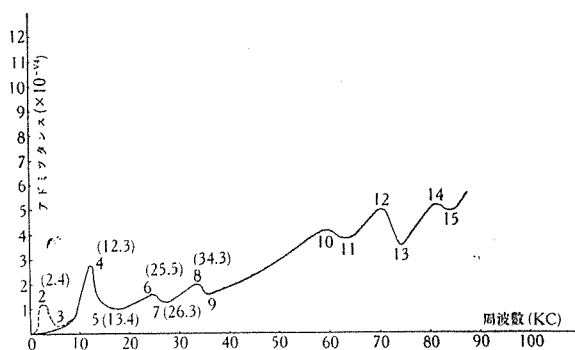
(附録II参照)

従つて、この開放點の振動には直流分はなく、共振曲線の奇數分を以つて波形分析が行はれたのである。各タップとも夫々高調波の位相を合せて居るが、圖に見られ

る如く可成り一致して居る。

30 $\mu$ s から 60 $\mu$ s 附近までは、この奇數分の振動と、偶數分振動の移りかはりの過渡期間と見ることが出来る。

尚捲線全體に亘つて自己容量及び對地容量が均等に分布して居れば、各端子のオシログラムは理論的に作圖したものとよく一致すべきであるが、實際は容量の不均一な



第17圖

分布に起因するものと考へられ、この點を考慮してなるべく實際の波形に合致する様に作圖した。

又、各高調波の壽命は基本波 169 $\mu$ s、第2高調波 982 $\mu$ s、第3高調波 3.23 $\mu$ s、第4高調波 142 $\mu$ s である。第3高調波は理論的にはタップ③にはあらはれず、容量分布不均一の爲に僅かにあらはれるとしても、上記の如く減衰してしまふので、之を考へずに作圖したのである。

以上説明した如く衝撃電壓發生器の容量小なる爲に間隙の電弧が切れて、全く異つた二つの現象、即ち印加點が空間定在波の節點となる時間と、腹になる時間とに分けて分析すると容易に説明されると云ふ事實は、甚だ興味深い事と思はれる。

第1表に於いて各タップ及び各振動状態に於ける、高調振動分の波高値、位相及び減衰率を示して居る。實驗結果の分析とは云へ斯の様に詳細に、變壓器内部電位振動の波形を數式化し得たことは前例のないことと思はれる。

## 6. 完成状態(油中)の低壓側

### 端子の電位振動

結線圖は第14圖⑦のタップであるが、之は高壓側の中性點接地状態の①のタップの時と同様である。

分析方法も全く第11圖の場合と同様であるから、詳細の説明は省略するが、第15圖及び第2表に於いて之等の分析結果が示されて居る。

## 7. 半成状態(氣中)中性點開放の

### 高壓側タップの電位振動

結線は第16圖に示す如くであるが、之に對應する共振曲線は第17圖に示されて居る。第18圖乃至第21圖は各タップに於ける電位振動を高調波に分析重疊したものである。第5章に於いて説明したと同様に、衝撃波形  $Ee^{-at}$  は端子の①オシログラムより推定せられ、之は實際の波高の105%の波高で壽命52.5 $\mu$ sの減衰波形である。この直流分は第2圖にて明らかな如く、タップ②③



第 1 表

	振動状態	時 間 μS	振 動 波 形 (高調波振動分)				
			0	1	2	3	
第 11 圖 タップ①	I	0 ~ 35	$130 \varepsilon^{-\frac{0.69}{15}t}$	0	0	0	
	II	35 ~ 55	過 渡 期				
	III	55 ~ 100	0	$-60 \varepsilon^{-\frac{0.69}{169}t} \cdot \sin \omega_1(t-56.5)$	0	微 少	
第 12 圖 タップ②	I	0 ~ 35	$86 \varepsilon^{-\frac{0.69}{15}t}$	0	$-28 \varepsilon^{-\frac{0.69}{982}t} \cdot \cos \omega_2 t$	0	
	II	35 ~ 55	過 渡 期				
	III	55 ~ 100	0	$-51 \varepsilon^{-\frac{0.69}{169}t} \cdot \sin \omega_1(t-56.5)$	0	微 少	
第 13 圖 タップ③	I	0 ~ 35	$44 \varepsilon^{-\frac{0.69}{15}t}$	0	$-28 \varepsilon^{-\frac{0.69}{982}t} \cdot \cos \omega_2 t$	0	
	II	35 ~ 55	過 渡 期				
	III	55 ~ 100	0	$-38 \varepsilon^{-\frac{0.69}{169}t} \cdot \sin \omega_1(t-56.5)$	0	微 少	
	振動状態	時 間 μS	振 動 波 形 (高調波振動分)				
			4	5	6	7	8
第 11 圖 タップ①	I	0 ~ 35	0	0	0	0	0
	II	35 ~ 55	過 渡 期				
	III	55 ~ 100	0	$-21 \sin \omega_5(t-52)$	0	$+16 \sin \omega_7(t-63.5)$	0
第 12 圖 タップ②	I	0 ~ 35	$-8 \varepsilon^{-\frac{0.69}{142}t} \cdot \cos \omega_4 t$	0	微 少	0	$-5.5 \cos \omega_8 t$
	II	35 ~ 55	過 渡 期				
	III	55 ~ 100	0	$+14 \sin \omega_5(t-52)$	0	$-10 \sin \omega_7(t-63.5)$	0
第 13 圖 タップ③	I	0 ~ 35	$+9 \varepsilon^{-\frac{0.69}{142}t} \cdot \cos \omega_4 t$	0	微 少	0	$-5 \cos \omega_8 t$
	II	35 ~ 55	過 渡 期				
	III	55 ~ 100	0	$-7.5 \sin \omega_5(t-52)$	0	$+10 \sin \omega_7(t-63.5)$	0

[註<sub>1</sub>]  $\varepsilon^{-at_0}=0.5$  なる  $t_0$  を壽命と云ふ [註<sub>2</sub>]  $\omega_1=2\pi f_1$ ,  $f_1=9.7\text{KC}$ ;  $\omega_5=2\pi f_5$ ,  $f_5=18.9\text{KC}$  [註<sub>3</sub>] 第5調波以下は減衰定数は相當に大きい筈一即ち壽命は短い筈一であるが、測定も分析も出来なかつたので振動分のみとした  
 $\alpha t_0=0.69$   
 $\therefore \alpha=\frac{0.69}{t_0}$   
 $\omega_2=2\pi f_2$ ,  $f_2=12.1\text{KC}$ ;  $\omega_6=2\pi f_6$ ,  
 $\omega_3=2\pi f_3$ ,  $\omega_7=2\pi f_7$ ,  $f_7=27.8\text{KC}$   
 $\omega_4=2\pi f_4$ ,  $f_4=17.8\text{KC}$ ;  $\omega_8=2\pi f_8$ ,  $f_8=35.5\text{KC}$

第 2 表

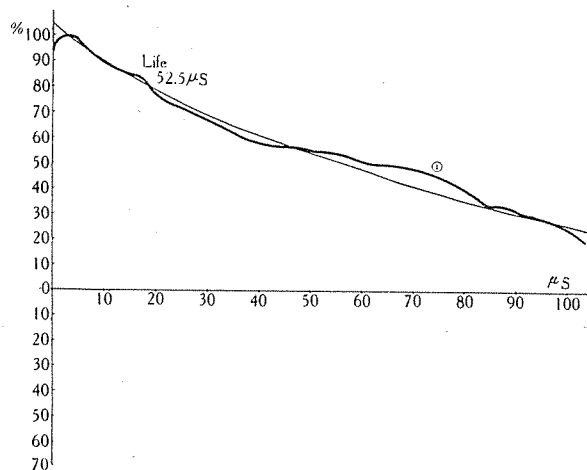
	振動状態	時 間 μS	振 動 分		
			0	1	7
第 15 圖	I	0~20	$120 \varepsilon^{-\frac{0.69}{8}t}$	0	0
	II	20~35	過 渡 期		
	III	35~90	0	$-48 \varepsilon^{-\frac{0.69}{500}t} \cdot \sin \omega_1(t-20.5)$	$-20 \varepsilon^{-\frac{0.69}{90}t} \cdot t \sin \omega_7(t-28)$

[註]  $\omega_1=2\pi f_1$ ,  $f_1=7 \text{ KC}$   $\omega_7=2\pi f_7$ ,  $f_7=17.9 \text{ KC}$

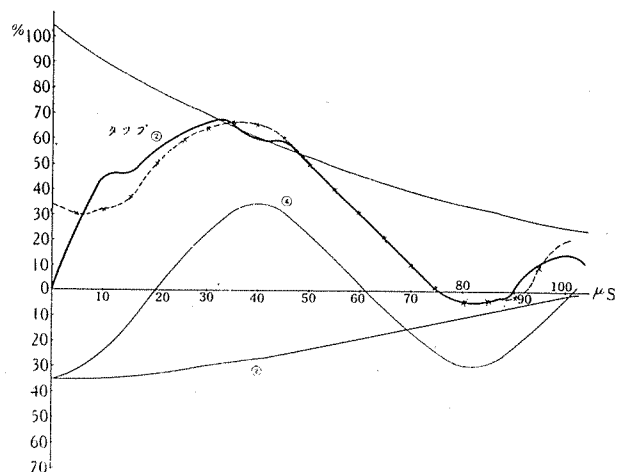
⑥に於いても波高値等しく、減衰も亦同じ減衰波形にて表はされる。然して各高調波振動分は中性點接地の場合と異なるが、中性點開放状態の共振曲線の偶数成分を重畳せせるもので第 2、第 4、第 8 高調波等を以つて分析して居る。(附録 I 参照)

尙共振曲線上に現はれる第 4 高調波は第 7 圖では第 3 高調波として取扱つてあるが、之に見る如く、タップ ③には表はれず、タップ ② ⑥に於いて位相を  $180^\circ$  異にし同じ大きさを有する筈であるが、實際の分析に當つてはやゝ趣を異にして居た。第 22 圖はその模様を示して居るが、即ち中性點の對地容量の大なる爲、タップ ③に於いて節點となるべき巻線内の第 3 高調波は(點線)、その節點を右に移行して、實線に示す如き分布となり、タップ ②に於ては第 22 圖の a, タップ ③に於ては b, タップ ⑥に於ては c の波高値を示すこととなつたと推定せられる。之等の分析により、自己容量、對地容量の分布をも、大體推知し得る様である。

又、共振曲線はその測定にあたつては最高 185kc の發振器を用ひた爲、第 17 圖に示す如き曲線を得たが、之



第 18 圖

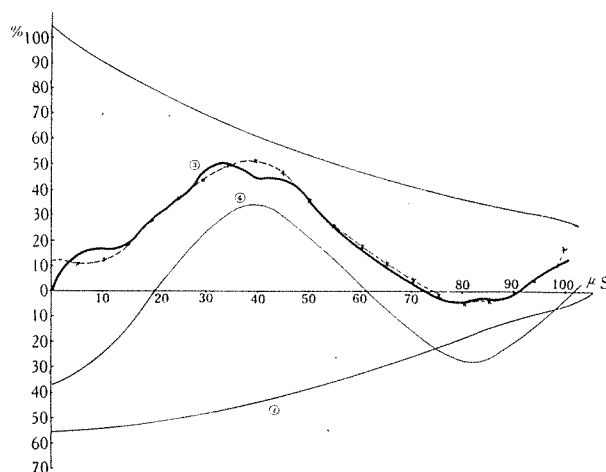


第 19 圖

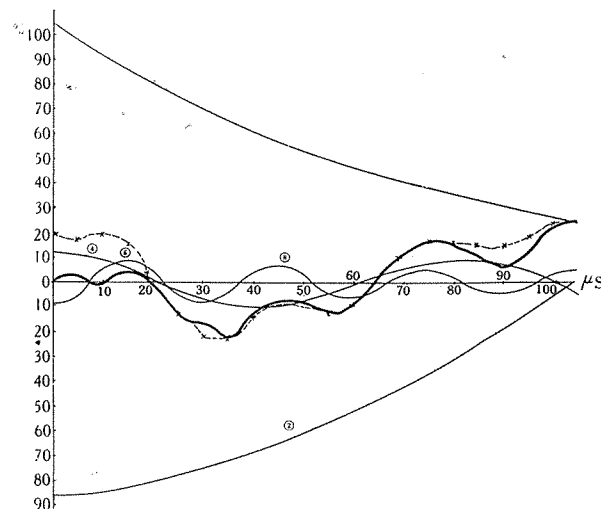
に依ると 12.3kc の周波数が基本周波数になる譯である。然るに實際の波形分析に當つて、之が基本波ならざることが明らかとなり、むしろ 2.4kc 位の周波数を豫想し之を基本波とし、12.3 kc の周波数は第 4 高調波の周波数であると見る方が妥當の様であつた。之は實驗に用ひられた測定器具が 5 kc 以下で甚だしく不正確になつた爲であるが、波形分析に依つてかゝる事實をも推知し得たわけである。

各振動分の壽命は第 4 高調波  $326\mu s$ 、それ以外は測定不可能であつた。

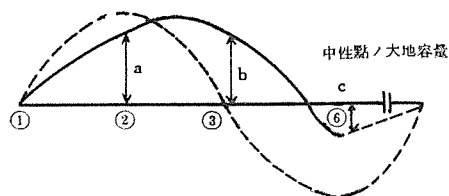
第 3 表に於いて之等の分析結果が表示せられて居る。



第 20 圖



第 21 圖



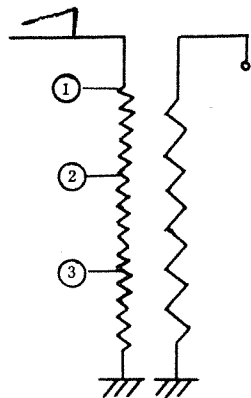
第 22 圖

### 8. 半成状態(氣中)中性點接地(低壓側一端開放)高壓側端子の電位振動

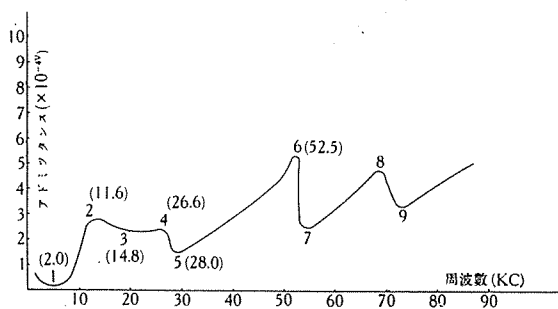
結線は第 23 圖に示す如くである。第 24 圖はこの結線状態に於ける共振曲線を示す。第 25 圖、第 26 圖は夫々タップ①③に於ける全波に対する電位振動を示し、第 27 圖、第 28 圖は  $20\mu s$  にて截斷せられた截斷波によるタップ②③に於ける振動を分析したものである。

直流分はタップ①の波形より、壽命  $40\mu s$  の減衰波形であり、振動分は何れて偶數調波である。

截斷波印加の場合には、直流分、即ち振動軸は零軸となり、各調波は截斷された瞬間に、その振幅を變化する



第 23 圖

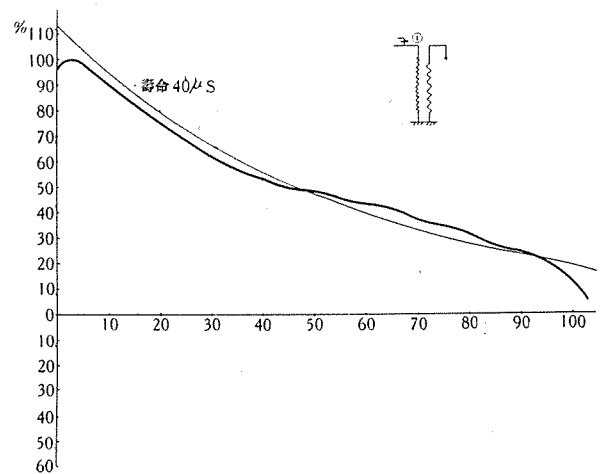


第 24 圖

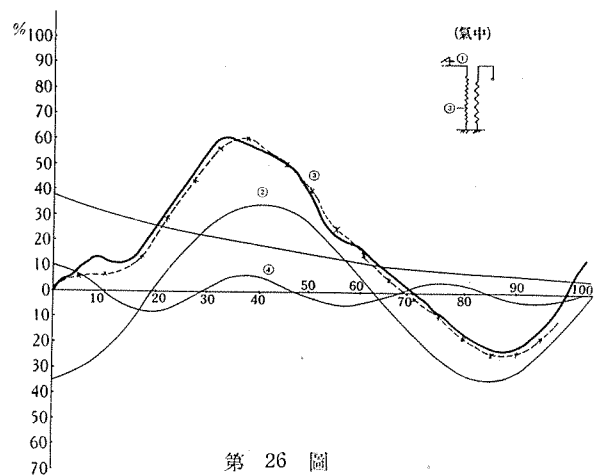
が、然し從來と同じ周波數にて振動することがわかる。

波形截斷後  $20\mu s$  位まではオシログラムと分析結果と可成りの差異を示して居るが、之はやはり不連續的變化の際の過渡時間と見てよいと思はれる。

壽命の測定結果は第 2 調波  $537\mu s$  第 4 調波は  $4.49\mu s$  であつたが、分析結果によれば第 4 調波の壽命は  $30\mu s$  位にて、可成りの誤差を示して。



第 25 圖



第 26 圖

第 3 表

	振 動 分				
	0	2	4	6	8
第 18 圖 タップ①	$105 \varepsilon^{-\frac{0.69}{52.5} t}$	0	0	0	0
第 19 圖 タップ②	$105 \varepsilon^{-\frac{0.69}{52.5} t}$	$-36 \cos \omega_2 t$	$-34 \varepsilon^{-\frac{0.69}{326} t} \cdot \cos \omega_4 t$	微 少	微 少
第 20 圖 タップ③	$105 \varepsilon^{-\frac{0.69}{52.5} t}$	$-55 \cos \omega_2 t$	$-37 \varepsilon^{-\frac{0.69}{326} t} \cdot \cos \omega_4 t$	微 少	微 少
第 21 圖 タップ④	$105 \varepsilon^{-\frac{0.69}{52.5} t}$	$-86 \cos \omega_2 t$	$+12.5 \varepsilon^{-\frac{0.69}{326} t} \cdot \cos \omega_4 t$	微 少	$-9 \varepsilon^{-\frac{0.69}{75} t} \cdot \cos \omega_8 t$

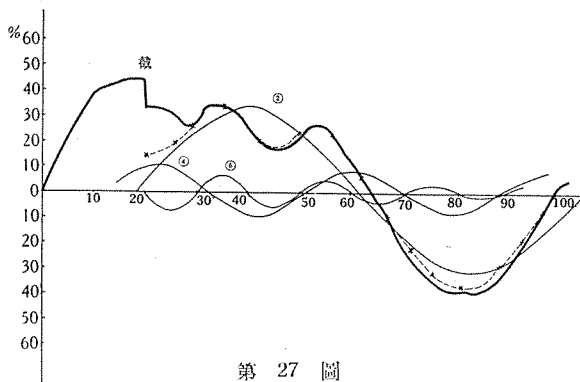
〔註〕  $\omega_2 = 2\pi f_2$ ,  $f_2 = 2.4$  KC

$\omega_4 = 2\pi f_4$ ,  $f_4 = 12.3$  KC

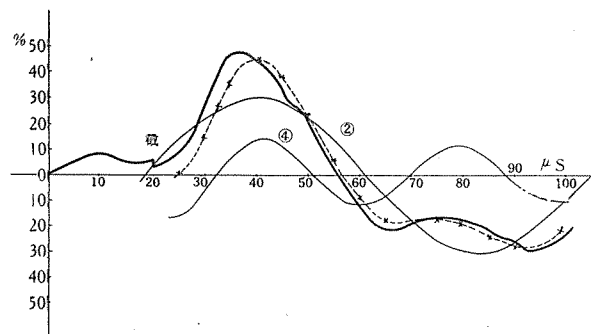
$\omega_6 = 2\pi f_6$ ,

$\omega_8 = 2\pi f_8$ ,  $f_8 = 34.3$  KC





第 27 圖



第 28 圖

第 4 表に之等の分析結果が表示せられて居る。

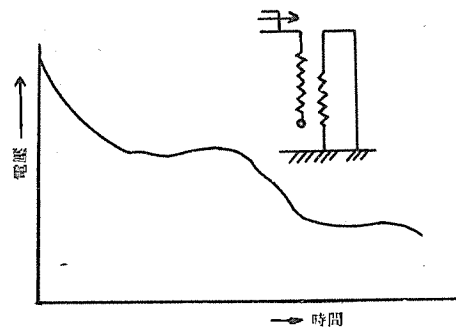
### 9. 検 討

以上述べたのは、多数の実験結果の中で分析してその物理的意味が容易に明らかにせられた数例であるが、他の多くの波形も全く同様に分析し得たものがあつたが、省くこととする。

印加電圧を  $E(t) = Ee^{-at}$  として居るが実際の波形は必ず、波頭長を伴つて居り、之を考慮しなければならないが、分析が複雑となり、高調波の位相等も不分明になるため実際の オシログラム より見て、波頭長を閑却しても大きな誤差はないと假定して省略した。各分析圖に於て電圧印加後  $10\mu s$  位迄可成りの誤差が見られるのは此の爲である。

此處に報告した結果は、何れも タップ ①、即ち印加點の オシログラム が對數曲線に大體沿つて居る場合について分析して居る。即ち衝撃電壓發生器の容量が大にして印加點より見た サージインピーダンス が大體零になる場合、即ち各振動分が印加點に於て完全なる節點となつて居る場合にのみ分析して居る。

然し乍ら各種の オシログラム を見ると タップ ① の オシ



第 29 圖

グラム が第 29 圖の如く、對數曲線に或る振動分を重疊した様な現象を示して居る。之は印加點から見た電源の サージインピーダンス が零でなく、巻線内部の振動分が印加點に於て完全なる節點となつて居ない事を示して居る。かゝる場合の各 タップ に於ける オシログラム を共振特性より求めた周波數にて分析するには相當の誤差を伴ふ可く、實際に分析しようと試みたが、結果は面白くなかつた。外部 インピーダンス、特に衝撃電壓發生器の内部 インピーダンスが、巻線内部電位振動に及ぼす影響については、今後の

第 4 表

	振動狀態 (時間 $\mu s$ )	振 動 分				
		0	2	4	6	8
第 25 圖 タップ ①	全 波 (0~100)	$113\varepsilon \frac{-0.69}{40} t$	0	0	0	0
第 26 圖 タップ ③	全 波 (0~100)	$37.5\varepsilon \frac{-0.69}{40} t$	$-35\varepsilon \frac{-0.69}{537} t \cdot \cos \omega_2 t$	$+10\varepsilon \frac{-0.69}{30} t \cdot \cos \omega_4 t$	微 少	微少
第 27 圖 タップ ②	截 断 波 (20~100)	0	$+34\varepsilon \frac{-0.69}{537} t \cdot \sin \omega_2 (t-19)$	$+11\varepsilon \frac{-0.69}{30} t \cdot \sin \omega_4 (t-12.5)$	$-8\varepsilon \frac{-0.69}{40} t \cdot \sin \omega_6 (t-20)$	微少
第 28 圖 タップ ③	全 波 (0~20)	$37.5\varepsilon \frac{-0.69}{40} t$	$-35\varepsilon \frac{-0.69}{537} t \cdot \cos \omega_2 t$	$+10\varepsilon \frac{-0.69}{30} t \cdot \cos \omega_4 t$	微 少	微少
	截 断 波 (20~100)	0	$+30\varepsilon \frac{-0.69}{537} t \cdot \sin \omega_2 (t-19)$	$-17\varepsilon \frac{-0.69}{30} t \cdot \sin \omega_4 (t-12.5)$	微 少	微少

〔註〕 第 4 高調波の壽命は測定に依れば  $4.49\mu s$  であつたが分析では  $30\mu s$  位にとらなければ都合が悪かつた。

〔註<sub>2</sub>〕  $\omega_2 = 2\pi f_2$ ,  $f_2 = 11.6$  KC

$\omega_4 = 2\pi f_4$ ,  $f_4 = 26.6$  KC

$\omega_6 = 2\pi f_6$ ,  $f_6 = 52.5$  KC

研究に俟たねばならない。

截斷波印加の場合、第 27 圖及び第 28 圖に依れば截斷時刻に於いて各調波はその振巾を變じ、位相には變化を來さないで、分析してよく一致した結果が得られた。然し、截斷點、タップ ① に於いて、截斷後、オシログラムが振動して居る場合もあつたが、之も亦衝擊電壓發生器のサージインピーダンスが大きい爲に起つた現象であるから、今回の方法では分析不能であつた。

## 10. 結 言

衝擊電壓による變壓器巻線の内部電位振動の波形分析については、從來簡單なる方法では種々試みられたことにもあつたが<sup>(1)</sup>、今回の如く、共振法によつて得られた振動分とその減衰率を用ひて、衝擊波形直視装置による波

形分析を試みたのは始めてである。その結果、從來の内部電位振動の研究を一步進めたと見られるべきものがあつた。即ち次の如き諸點が擧げられると思ふ。

- 10.1 衝擊波形を矩形波としない爲、所謂振動軸を時間と共に exponential に變化せしめた。
- 10.2 基本波のみを取扱はず、各高調波まで考へに入れて分析した。
- 10.3 各高調波の壽命を測定計算して、之を實際の分析に應用して一層誤差を少くした。
- 10.4 衝擊電壓發生器の間隙の電弧が切れた場合とか印加電壓の截斷した様な場合の、不連続な現象が起る時の各振動狀態にも觸れて居る。

尙、本研究に協力せられた横須賀正壽技師並びに内田浩雄技師に對し深甚の謝意を表する次第である。

## 附 録 I 共振特性曲線について

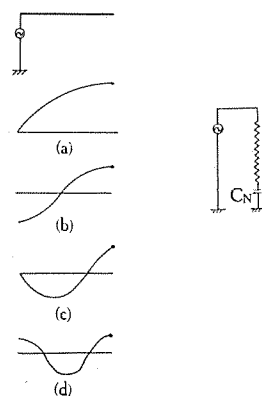
變壓器内部電位振動の共振曲線の空間調波に對して、芝浦の宮本茂業氏は<sup>(1)</sup>四分一波長を單位として巧に、その空間調波を説明せられて居る。アドミタンス極小點に奇數番號を附し、極大點に偶數番號を附して、中性點接地の場合にはその偶數分をとり、中性點開放の場合にはその奇數分をとる様にして説明してある。然し、この番號の取り方については疑問があると思ふので此處で検討してみる事とする。

宮本氏に依れば中性點開放の場合の各高調波の電位分布を第 30 圖の如く圖示し、その四分の一波長區間の占める數を以つて (a) を 1、(b) を 2、(c) を 3、(d) を 4 と云ふ風に付けて居られるが、かゝる試験方法に於ては當然中性點の對地集中容量、即ち靜電板及び套管の對地容量等の影響がその電位分布、從つて周波數に影響を及ぼすべく、從つて捲線上に於ける電位分布のみを考へることは不合理ではないかと考へられる。即ち捲線及び端子集中容量をも考へてその電位分布を考へるべきである。

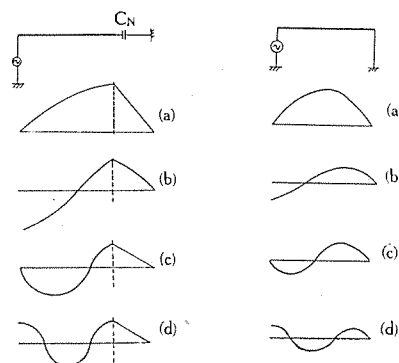
斯様に考へると中性點開放の場合各調波の電位分布は第 31 圖の如くなるものと思惟される。

之は第 32 圖中性點接地の場合と比較して、各定數不均等に依る變則的分布と解すべきであり、第 31 圖 (a) は第 32 圖 (a) に對應せしめ、第 31 圖 (b) は第 32 圖 (b) に對應せしめるのが妥當であらう。斯く見れば第 30 圖に於いて奇數であつたものは偶數になり、偶數であつたものは奇數になる。斯の如き考へ方から中性點開放時の高調波番號をつける事にした。

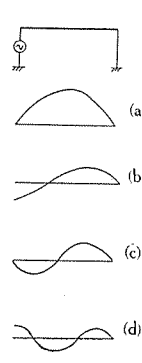
第 33 圖は中性點接地、第 34 圖は開放の實例であるが、兩共振曲線を比較するに、第 7 高調波までは中性點集中容量の影響あるも、第 8 高調波以上即ち 20kc 以上になると中性點を開放して居てもその影響なく、全く中性點接地の場合と同様の特性を示す事になる。この場合



第 30 圖



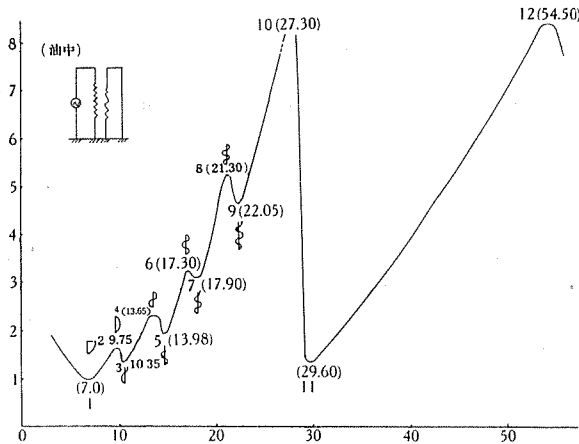
第 31 圖



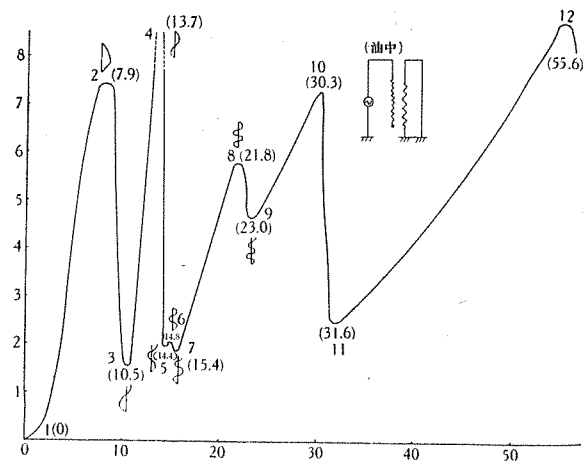
第 32 圖

同じ振動狀態については、同じ調波番號が與へられるから都合が良いと思はれる。即ち中性點接地の場合偶數調波、之が開放した場合はその奇數調波になると云ふよりむしろ、各共振特性曲線をそのまゝに測定狀態に於ける直並列共振を考慮すべきであらうと考へる。

5、に於いて説明した様に 30  $\mu$ s 以後印加端子が開放



第 33 圖



第 34 圖

端となつたと考へられる場合には、上の考へ方から云へば、端子の集中インピーダンスを考へた共振曲線上の共振をするわけであるが、之を單に開放と考へ、奇數番の高調波で分析したが此の場合には比較的、誤差は少い様に

思はれた。然し嚴密なる意味から云へば、高インピーダンスの發振器を用ひて、開放した状態の共振曲線を測定する必要があるわけである。實驗に用ひたのは低インピーダンスの發振器であつた。

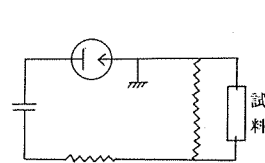
## 附 録 II 衝撃波形直視装置による波形に於いて、端子振動が筋から腹に急變する場合について

5. に於ける波形分析に於いて、 $30\mu s$  位から印加點が振動の筋から腹へ移行することがわかつたが、此の點につきもう少し考慮してみよう。

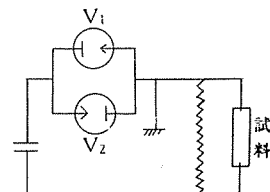
衝撃波形直視装置が第 35 圖の様な状態で記録をとつた爲、即ちサイラトンの中を逆方向に電流が通じない爲に、 $30\mu s$  位から振動電壓が逆極性になる場合、サイラトン電弧が切れて、變壓器内の自由振動だけで、印加點が腹となつて振動して居るものと考へられる。

従つて、或は第 36 圖の如くサイラトン を 2 ヶ用ふれば、或は少し異つた オシロ が得られたかも知れないと考へられる。

當社研究部、横須賀正壽技師によれば「衝撃波形直視装置では、一般に印加電壓が低く、従つて電流も小さいから第 36 圖に於ける  $V_2$  を入れても、内部電位降下が大で効果少く、 $V_1$  のみの場合とあまり變らない様に思はれる」と云ふ様な實驗結果が得られて居るさうであ



第 35 圖



第 36 圖

る。實驗に用ひられる衝撃電壓發生器では、之と全く同様な波形が得られるかどうかと云ふことは疑問として残るわけである。それで、本文に於いて「衝撃電壓發生器の容量が小なる爲」と片付けて居る點は、事實上、更に再検討すべき點が残されて居るのである。

このサイラトンの内部電壓降下が振動波形に影響を及ぼすに至る時が、衝撃波形直視装置の オシロ と實際の衝撃電壓發生器によつて發生された波形の オシロ との相關性の限度であることは疑をさしはさむ餘地はない。

## 文 献

- (1) 小野：シエル型變壓器捲線の衝撃電壓特性につきて：電氣學會關西支部講演予稿（昭 11）  
宮本，三好：電學誌 58 996（昭 13）  
木村，横須賀：サージプルーフ型變壓器 電學誌論 1 39（昭 15，1 月）
- (2) 小野，木村，八卷，内田，横須賀：220 kV 50,000 kVA 單相變壓器の衝撃電壓試験  
電學論 2 61（昭 16，4 月）
- (3) 横須賀，内田：第 18 回聯合大會予稿 # 67



## 曲 つ た 軸 の 直 し 方

長 崎 製 作 所 脇 山 俊 一

## 1 緒 言

昨年、某火力発電所の 35,000kW のタービン発電機が、進相機として單獨運転中に、事故のため、潤滑油の供給が止つて、甚しき軸受焼損の爲めに、回転子軸が軸頭の邊で曲つたので其の修理を行つた。又、先年、某火力発電所の 18,000 kW の回転子は、静止してゐる時誤つて固定子に大電流を通した爲めに、回転子表面が甚しく加熱せられて歪み、軸が彎曲した。之れも修理の結果、全く原状に復して、好成績にて運転してゐる。

それから、朝鮮に於ても、昨年、外國製のタービンの軸を接手のすぐ近くで曲げて困つたのを、頼まれて、三菱から出かけて直した。大陸の某発電所には、軸に曲りを生じた外國製タービンローターが、使用不能として放置されてゐるとか聞いた。タービン運転中にラビンス（蒸氣止め）に軸をこすつて曲げることがある。

斯の様に軸の曲りに起因する故障は、動力装置に於てしばしば遭遇される問題である。しかも、その修理方法が理解されて居ない爲めに、可惜重要機械を動かす事が出来ないで、戦時下重要産業に血ともなるべき電氣を供給する上に支障を來す場合があるかも知れない。

此の軸の曲り直しの技術は、原理は簡單なものであるが、熟練を要し且つうまくやらないと危険性を伴ふもの故、細心の注意が肝要である。従來、製作技術者の特技として一般は容易に手出しが出来ない様に考へられてゐたが、此處に其の技術の詳細なる説明をなし、各位がその職域に於て活用せられんことを希望する。

なほ、軸の曲りの問題は、振動問題と密接な関係があるので、此の點から軸の曲りの原因の種々相に就ても略述することとする。

## 2 軸の曲りを生ずる原因

軸に曲りを生ずる原因に色々ある。直す方針もその原因に依つて具つて來る。或は、此處に述べるところの曲り直しの方法では直す事の出来ない原因もある。それ等の原因につきても一應考へて見ることにする。曲りを大別して、永久的の曲りと、一時的の曲りとに別ける。

## 3 永 久 的 の 曲 り

1. 運転中に衝激を與へるとか、運搬中に落とすとか言ふ様な事の爲めに、軸に直接曲應力が加はつて曲る場合或は、水壓機等にて軸を嵌合する様な時に軸方向に不當な壓力を加へて曲げる事がある。

2. 軸の片側の表面を叩いた爲めに、此の側の表面に近い部分の金屬組織が局部的に伸ばされてその結果叩い

た側を凸側にして曲る場合（第1圖）

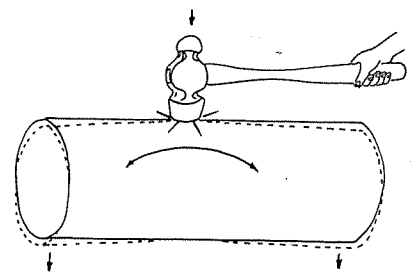
振動の爲めに軸頭が軸受を叩くために多少の曲りを生ずる事すらある。

3. 軸の片側に長い楔溝を加工するとか、此の楔溝に嵌めた楔が軸方向にかく打込まれて突張り、その結果曲りを生ずることがある。（第2圖）

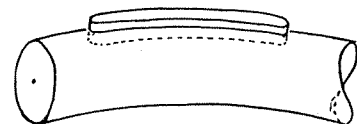
4. 運転中に油止板や風止板或は蒸氣止め等に軸をこするとか、第3圖軸受が焼損した場合や、電氣熔接その他の熱加工の爲め、加熱箇所が局部的に急に加熱された爲めにその四圍の冷い部分に押されて竦まり、此の例を凹側として彎曲する場合。接手とか、ボスを焼嵌する如き場合も、軸の嵌合部の加熱冷却が平均に行かないと、軸は曲つたままで嵌合したり、或は軸自身が熱のために永久歪をなして嵌合すると言ふ様な事になる。焼嵌すべきボスをあまり過熱してしかも、軸を穴の一侧にのみ觸れた位置に永く置く様なことから、此の様な結果となるものである。

5. 最初、粗材の時から既に内部應力が存在して居り其れが枯れの爲めに或は加工を施したために外部に表はれたる場合。一度曲りを直したものが戻りたる場合等

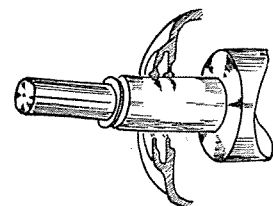
6. 軸を曲つた孔に嵌めるとか、偏心せる2個の孔に嵌合するとか（第4圖）言ふ様な原因に依る曲り。



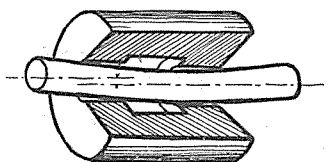
第 1 圖



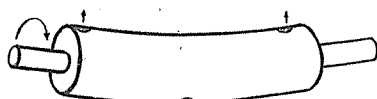
第 2 圖



第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖

7. 旋盤加工等が不良で初めから中心線が曲つて居る場合。旋盤の面板のところで爪で掴み方が悪くて曲げたり、ぶり止めでこちて曲げたり、センターで押し曲げると言ふ様な事の爲めにこの曲りが起る。

8. 曲り直しのやり方が悪くて別種の曲りを生ずる場合。

之れ等上述の永久的曲りは、それぞれその原因に依て適當なる方法を以て曲りを直すことが出来る。

#### 4 一時的の曲り

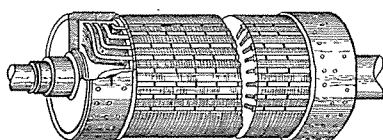
下に述べるものは、運轉中だけ軸が曲つて居て振動を起す原因となるが、停止すればその原因が消失して原形に復するものが多い。

1. 平衡重量の遠心力が軸に作用して、之れを曲げる様に配置されてゐる如き場合（第5圖）或は振動の結果曲る場合。

2. 回轉子が膨脹して全長が伸び、軸受端に遊びが足りない爲めに突張りを生じて曲がりを生ずる場合。

3. 加熱状態で停止して置いた場合、空氣の對流作用に依り、上部と下部に溫度差を生じて曲る場合。

4. 例へばタービン發電機回轉子に於て、線輪の入る溝に線輪抑への楔を用ひるが、此の楔はジュラルミン等の鐵よりも熱膨脹係數の大なるものであるが、溫度が昇つた場合に伸びる余裕を十分與つてゐないと、此の楔が突張つてその不平均な力の爲めに軸を曲げ振動を起す結果となる。或は又、回轉子線輪の溝から出てゐる端曲部を抑へてゐる端板があるが、此の端板と線輪端との間に、線輪の膨脹に對する餘裕が無ければ楔の時と同様、軸を曲げる結果を招くことになる。線輪の端曲部は大きな遠心力で開かんとしてゐるのを、線輪端抑への輪で抑へてゐるが、此の部分の磨擦係數にむらがあれば遠心力による壓力と伸と磨擦係數の關係で不平均な力が働いて軸を曲げる作用を及ぼす。此の様なことは、大容量の高



第 6 圖

速回轉機では、軸が甚だしく長くなるために、問題となるのである。（第6圖）

#### 5 曲りを直す方法

曲りを直す方法を大別すると、次の様に4つの方法がある。

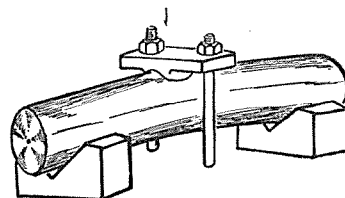
1. 機械的に直接曲げモーメントを加へて曲げる。
2. 槌打等に依り軸の表面を叩いて、表面に近い局部の金屬組織を叩き伸ばして曲りを直す方法。
3. 熱を加へて、曲りの凸側の一局部を急激に加熱膨脹させんとし、之の局部が之れを圍む四圍の冷い部分にさへぎられて自身縮り、その結果曲りが直る方法。
4. 其の他種々の曲りを生じた原因そのものを除去する方法。（之れについては、ここでは述べない）

#### 6 機械的に曲りを直す方法

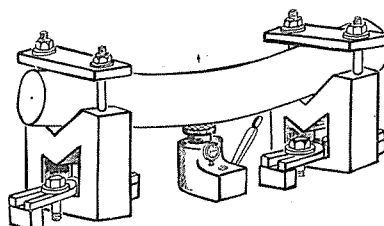
これは、最も一般的な方法で別に説明の要がない様であるが蛇足を加へると、第7圖に示す如く定盤の上で2つのVブロックの上にのせ、其の凸側をボルトにてしめて抑へる。或は、第8圖に示す如くジャッキにて押す、又は楔を用ひる、場合に依つては起重機で引張ることもある。此のやり方に更に次に述べる槌打の方法を加味して曲げる力により伸びてゐる組織の表面を叩けば更に効果が著しい。叩くのは常に元凹側に曲つてゐた例である。曲げる力を加へるに當つては、漠然と見當でやらずに梁の計算式を用ひて、幾何の曲げモーメントを加へれば降伏點を超えて永久歪を生ずるか、又曲げた時の撓みも何れ程やれば、殘留歪が求める數値に達するかを、計算してかかつたがよい。大きな軸で殊に短い所で曲つた様なものは此の方法を用ひることが出来ない。又、軸に色々なものが嵌つて居つては、此の曲り直し方が出来ない。

#### 7 槌打に依つて直す方法

此の方法が、最もしばしば用ひられる。曲りの程度が軽い場合に、或は次に述べる、熱による方法の最後の仕上に用ひられる。一打一打の効果がよくわかり曲りの直



第 7 圖



第 8 圖

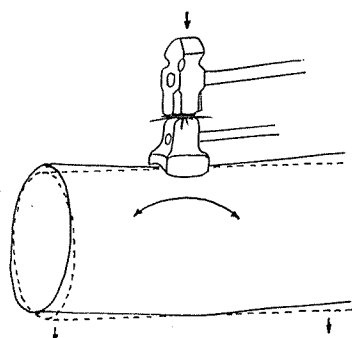
しすぎのおそれが無い。軸に疵を付けない様にすることが肝要である。此の原理は、曲げ モーメント に依て凹側の組織を伸ばし凸側の組織を縮める代りに、凹側の表面を槌打する事に依て、表面に近い局部を叩き伸ばすのである。叩き疵をつけないためには、ハンマー を直接あてる代りに、當物を用ひて間接に叩くのである。當物には、銅板や真鍮板の様なものはすぐにしやげて、直に軸疵をつける様になるし且つ叩く位置も正確に定らないそれで、第9圖に示す様な當物を作つて之れを用ひるがよい。大さは25 耗(軸方向)×40 耗(圓方向)乃至50×70位で材質は真鍮又は軟鋼或は硬鋼をその相手に従ひ選ぶ。その接觸面は特に滑に仕上げねば疵が出来る。軸方向には當金の中央を少し高くする。

曲りの原因が磨擦加熱に依つて局部的に疎みを來したもので、その疎まつた局部の上を叩くことが出来れば槌打の効果が特に著しい。自然のままの材質の上では利き方がおそい。軸の支へ方を考へて、或は特に力を加へて、槌打する凹側に豫め引張應力を加へておいてやれば効果が著しい。

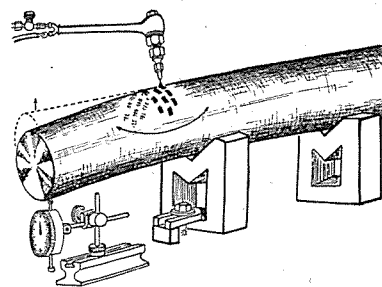
## 8 熱を加へて直す方法

軸の一局部を急激に高い温度に加熱する時は、その局部は膨張せんとするも、周囲の冷い部分に圍まれ、且つ軸全体の剛性に妨げられて、その温度に相當する容積まで自由に膨張することが出来ない、その爲め、壓縮應力を受けてはまり容積が小さくなる。即ち冷却した時はここに「引き」が出来て此の方を凹側としてくの字なりに曲ることとなる。タービン軸が蒸氣止にあたつて曲るのは此の理由に依るのである。(蒸氣止め等にあたる時は軸の曲り又は振動の爲めにあたるのであつて、振動の場合も軸の全周があたるのでなく、所謂、ハイスポット 一高い所一だけがあたるのである)。即ち、此の現象は故障を起す原因であるが、之れを反對に曲り直しに利用するので、丁度毒を藥に用ひる様なものである。此の方法は、殆んど軸に疵をつけないこと、どんなに大きな(500 耗も1000 耗もある様な)軸にも適用される。或は又、軸の端にごく近い部分に於ても曲りが直せるので、槌打で直し得ぬものも容易に直すことが出来る。

加熱の方法は、酸素 アセチレン 瓦斯に依るがよい。直径



第 9 圖



第 10 圖

200 耗位迄の軸では1個の火口を用ひて、必要な局部を全面積一度に加熱しても目的を達することが出来るが、もつと大きな軸では、必要な範圍を短時間に局部的に十分熱し目的を達することが出来ない。依てかかる場合には、必要な加熱帶を數個にわけて、一局部づつを逐次加熱して行く。即ち、第10圖に示す如く、火口を1吋位の限られた長さだけ動かして、此の部分だけを暗所でうす赤く 600°C 位になるまで加熱する。即ち丁度大きな灸をすえる様にするわけである。次に加熱の個所を、圓周方向に移動して、すぐ右隣を1吋位加熱する。次に又左隣を同様加熱する。かくの如しくて、凸の頂點を中心に頂點を強く兩端に弱く、軸方向の中を20耗位にして圓周の角度 150°位にわたり加熱する。軸端に、ダイヤルゲージを當てて置いて曲りを見ると、軸は最初、凸側を加熱することに依てますます、元の曲りの方向に甚しく彎曲する冷却するに従ひ一旦原状に復し、更に之れをこえて反對に指針がまわり、多少元よりも曲りが直つて来る。之の直りの程度により更に加熱の程度を定めて施工する。少しの残りは槌打に依つて直すのが安全である。急激に加熱すると言つても、その所要時間は物の大きさによつて、數秒の場合もあるし、數分乃至數十分の場合もある。急激に冷却することは必ずしも必要とはかぎらない。只早く結果を見て次回を施工を急ぐ時は、氷なり水なりで冷したがよい。又、加熱する側に、豫め壓縮應力を加へておく事は、やつた方が効果は多いが大きなものでは出来ない事(利く程やることが)もあるし必ずしも必要な條件ではない。水車發電機の軸の如きは堅にした儘でやつた例もある。軸の加熱表面が膨張せんとする爲めに、軸の斷面のうち冷い部分は、之れに對して引張應力を受け施工の方法が悪ければ、場合に依つては、軸に龜裂が入つたり切斷したりすることになる。殊に寒冷なる季節には、寒冷脆化の爲めに危険性を伴ふ故、軸の曲つたあたり全周中心までを一應除々に 40°C 位に豫熱し、然る後に凸側局部を部分的に急熱せねばならない。又、應力集中のおそれある個所は避けねばならない。

加熱された局部は、自由に膨張が出来ない爲めに、外に向つて 0.02 耗位或はもつと膨む。故に最後に此の部分を実圓に仕上ることが必要である。

曲りの程度の軽いとき、軸が左程大きくない時は、色づく程度の温度に達せずとも、200°C 位の温度でも効果が現はれる。測温は熱電堆を用ひたがよいが、半圓の融



ける温度等を見當にしてもよい。火口を離れた直後の色を見て加熱の時間を測つて規則的にやるがよい。2回3回とくり返へせば第1回よりも効果が多少減つて来る。繰り返へす時は、同じ箇所をやらずに、少くとも25耗位軸方向に離れた置位に加熱帯を選ぶがよい。

其の他の要領は末尾に示す實例の數字を参考とすれば略見當がつく。

## 9 熱に依つて直す他の方法

前に述べたのは凸の部分の熱する方法であるが、これと反對に凹側にある長さに互り、ゆるやかに加熱して、軸全体を彎曲せしめ、凸側の組織を壓縮降伏せしめて、曲りを直すことが出来る。併し此の方法は、めつたに採用することはない。

## 10 曲り直しに對する一般的注意

曲つた軸の手直に當つては、下の諸點を十分注意せねばならない。

1. 曲つた原因をよく調べ、その原因によつて之れに適した方法を採用すること。はまつたものは伸し、曲げる力で曲げたものはやはり直接曲げる力を加へると言ふ様にやる。

2. 曲りの記録をとる。曲りの記録を、數個所乃至十數個所採つて、何れの部分でどの様に曲つてゐるかを紙の上に描き、之れに依つて對策をたてる。

軸の曲りはダイヤルゲージに依つて計測するが、此の計器は腕を出るだけ短く丈夫に支持しないと、計器の觸點にかゝる力で腕共動いて正確な數字を指示しない。觸點と軸との間に「すきみ」の0.05耗を挿入して、指針が丁度それだけ動くか如何かを確かめねばいけない。

3. 加熱に依る場合も槌打による場合も共にダイヤルゲージを用ひ刻々の彎曲の變化を見ねばならない。槌打の場合にはゲージに傳はる衝動を避けるため、つまみを引張つて觸點をはなしておく。正確なことは軸を一回轉せねばわからぬが大略だけはそのまま直りがわかる。

加熱方式は、重要なものでは、なるべく模型を作り、それで實驗をやつた上で實物に就いて初めたがよい。加熱は最初は試験的に行ひかへ目にやる。火口を靜止すれば熔けるから必ず20耗位の長さ互り動かさねばならない。

4. 最後に少しでも曲りが残る場合はそれに依る不平衡を考へて平衡重錘をつける。或はバランスを取る。平衡重量は下の關係式から算出する。

平衡重量 (kg)

$$= \frac{\text{偏心せる部分全体の重量(kg)} \times \text{偏心長さ(mm)}}{\text{平衡重錘をつける位置の重心の半径(mm)}}$$

5. 軸に曲りがあれば振動を伴ふ。タービンローターの振動が、今迄になかつたものが新に生ずるのは、軸の曲りに起因することが多い。軸の曲りに依る振動は、その曲りが僅かでも相當大きな平衡重量を加へねば直らない。翼を植えかへた爲めの平衡の變化の如きは、相當の注意

を拂つたものなら、軸の曲りによるものに比べれば、小さなものである。最近某所で外國製の35,000 kWのタービンローターで翼植えかへ後振動が出て困つたことがあつた。手直をたのまれて直したが3 kgもの大きな釣合錘をつけてきれいに直つた。この様なのは、翼植えかへ前後の變化ではあるが、原因は軸の曲りに依るものである。軸の曲りに依る振動は靜的不平衡によるものであるが、その曲つた中心に平衡重量を加へば完全には釣合はとれない。それを、例へばタービンローターの最後の翼車に平衡重錘をつければ振動の大部分は除去出来るが、多少の型不平衡が偶力不平衡となつて残ることになる。一体に大のタービン發電機の回轉子の様に長い軸になると、軸の曲りや、胴体の偏心による振動を除去するには、胴体の兩端に等價の重錘を加へたのでは完全には直らない。必ず胴体の不平衡の實際存在してゐる部分に極く近く付けねばならない。若しその事が出来ない場合には、(例へば、組立のすんだ機械で胴体に重錘を付ける方法が殆んど出来ないとか) 回轉子の構造上(例へばAEG型のフリズム式構造の如き) 重錘が付けられぬと言ふ様な場合には、軸の曲りや、偏心を直さねば、振動は除去出来ない。或は、故意に曲げることが必要な場合もあるかも知れない。即ち軸の曲り直しの技術は、振動問題解決の一環をなすものである。

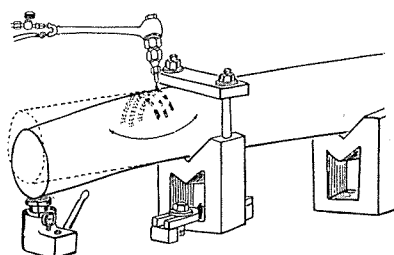
## 11 實 例

### 1. 實驗例 その1、槌打に依るもの

35,000 kWの回轉子。軸受焼損のため。450耗の直径の軸頭に於て。こすり疵の爲め。1.5 米の軸端に於て0.32耗のふれを生ず。25×40耗の軟鋼製の當金を用ひ20封度のハンマーを軽く打ちおろして、こすり疵の上をたたき伸して、約4時間で0.02耗以内のふれまで直すことが出来た。此の残りは他端の曲りを直すと共に殆ど完全になくなつた。

### 2. 實驗例 その2 熱及び槌打による試験

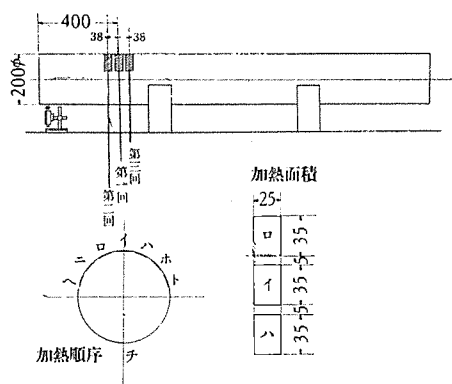
第10圖及び第11圖第1表に示す如き要領で、直径200耗の軸鋼の試験棒を、最初1列の加熱帯にて曲げた、更に第2列目を焼いた、更に第3列目を焼いた、次に、加熱帯のイ、ロ、ハ等の間のすきの、温度の低き所を更に加熱した。之れで曲りが0.29耗に達した。之れを槌打にて更に曲げる方向に槌にて直撃した。即ち此の場合槌打による曲りが0.085耗出てゐる。第6回目には加熱帯の上



第 11 圖

第 1 表

	全加熱時間	火口	結局り	摘 要
第1回	3 分間	№7 一個	・26/2耗	酸素アセチレンを用ふ。別に力を加へず。
第2回	3 分間	№7 一個	・39/2耗	〃
第3回	2.2分間	№7 一個	・48/2耗	〃
第4回		№7 一個	・58/2耗	第1回～第2回にてイ.0.ハの間のやや離れし處をも一度熱し、且つヘ.トを熱す。 加熱せられし局部は0.02 mm 位コウ状に突出す。
第5回			・75/2耗	反対側を巾 80 180° に互り3ポンドハンマーを二呎から落下、直撃 500 回位
第6回			・17/2耗	第1回～第3回の加熱帶の上を第5回と同様の強さにて 100×3＝300 回槌打す。即ち第5回の槌打に比し甚しく槌打の効果あり。

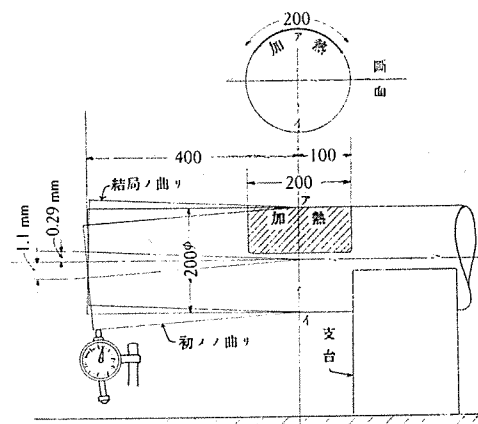


第 12 回

を槌打して曲りをもどす様にやつた、之れで加熱に依つて曲つた量だけは元に戻つてゐる。即ち、正常の組織の上を叩いても曲りは來にくいが、はまつた所では効果が著しいのがわかる。

### 3. 實驗例 その3 廣く加熱する方法

直徑 200 耗の軸鋼の試験棒を 200 耗×200 耗の廣い面積に互つて1個の火口を移動し乍ら加熱した。(第 13 圖



第 13 回

第 2 表

過熱時間の経過	曲り八字形	溫度		殘存曲り V 字形
		ア 部	イ 部	
4 分	+0.08耗			
6 分	+1.0 耗			
8 分	+1.07耗			
10 分	+1.10耗			
12 分	+1.11耗			
14 分	+1.11耗	350°C	60°C	
冷 却 後				-0.29

第2表)之の例では加熱と共に曲つて行く状態も計測した。ある時間たてば、彎曲は止り一定となつてゐる。此の位の軸までは、灸す式に區分けして加熱しなくても曲げ効果があらはれることがわかる。450 耗もある軸では、2 個位の火口では相當長にかかつても効果をあげる事が困難である。

12 む す び

實地に役に立てる事が出来る様にと思つて、やゝくどい様であつたが、軸の曲りを生ずる原因と、之れの直り方について述べた。實際に當つては、細心の注意と實驗による、その物に則した數字が必要である。返つて生兵法大怪我の元とならざる様の用心が肝要である。重要なもの困難なものにつきては、經驗ある製造技術者の協力に待たねばならない事は勿論である。

## 自動再起動式電動カム型制御器

長崎製作所 與田伊佐夫

### 緒言

國是遂行の大東亞戰に邁進しつつある今日、銃後各般に互つて人的並に物的資材の乏しくなつて來たことは事實である。此の不如意の資材を以て更に生産を擴充倍加せしめることが吾等産業戰士の第一に成さねばならぬ重要な仕事であつて此の仕事を成就せしめてこそ大東亞戰は完遂出來ると信ずる。其のためには全ての事が能率良く自動的に スラスラ と精確に而も多量に爲し得られなければ成らない。此處に御紹介せんとする自動再起動式電動カム型制御器も此の目的の一端を擔うために考案せられた電動制御器の一つである。

こゝで自動再起動制御と言ふのは電源の故障の場合即ち停電又は電壓低下の場合屢々起る電動機の事故を防ぐために應急の處置にとらしめ電壓が回復したる時電動機を圓滑に起動せしめ再び元の運轉状態に自動的に戻らしめることを言ふのである。本制御器に於ては從來此の種の制御器にては至難とされて居た自動再起動制御を圓滑自在に行ひ得、而も最も簡単に目的を達し得る。そして此の制御器の性能は之を各方面に應用することが出来るのであるが中でも最も多く用ひられて居るのは火力發電所に於ける重要補機で、その主なるものは汽罐給水ポンプ、冷却水ポンプ、汽罐送風機、微粉碎機及び微粉送風機等である。之等は聖戰下に於ける電力供給の重要な使命を負ひて居るものであつて寸時の停止も許されない。此のため發電所に於ける之等巻線二次型誘導電動機に對しては簡単にして而も確實なる自動再起動制御が希望され

る。以下本制御器の構造と之を用ひて行ふ自動再起動裝置に就てその大要を述べることにしよう。

### 構造

本制御器はその目的を達成するために電動カム型制御器の備ふべき要素の外、更に次の要素を具備しなければならない。即ち

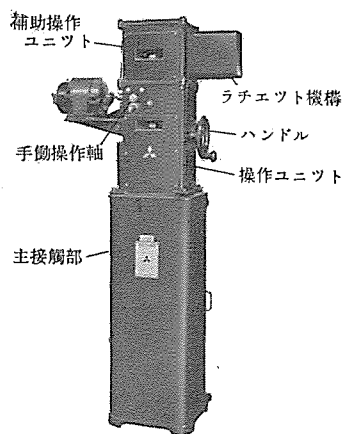
- (イ) 電壓繼電器から發せられた命令に依つて制御器を驅動せしめる傳動要素。
- (ロ) 電壓が回復したる場合制御器を再び元の運轉位置に戻すための運轉位置記録要素。

である。併して本制御器は標準の電動カム型制御器に特殊裝置を附加したもので下記の三部分に分けることが出来る。

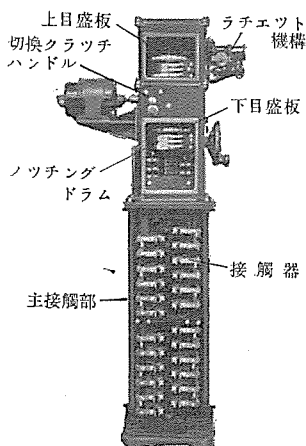
#### (1) 補助操作ユニット

此のユニットは可逆式ラチェット機構と上目盛板と差動主幹開閉器とを一箇の鑄物ケースに納めたもので本制御器の最上端に位するものである。(第3圖上端に見るもの。)

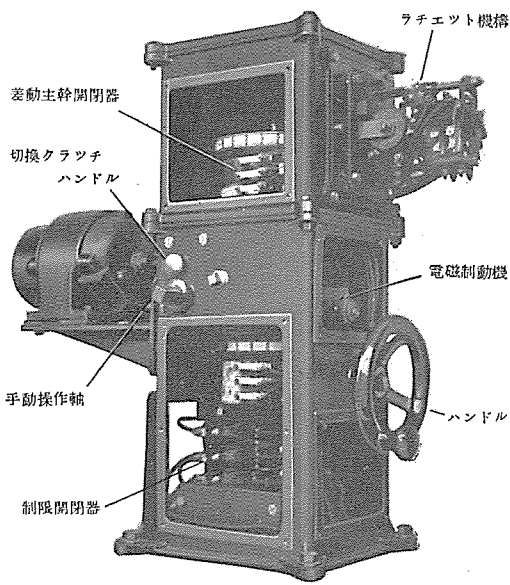
**可逆式ラチェット裝置**は鑄物ケース外に組立られたる部分で、送られて來る調整要求が電氣の場合にのみ必要なものである。故に押釦に依る遠隔制御の場合には入要であり、バレー式アスカニヤ式の如く機械的連結の汽罐



第1圖



第2圖



第3圖

自動燃焼制御装置等に用ふる場合には不要である。

**差動主幹開閉器** は本制御器の心臓とも言ふべき重要部門であつて大體の構造は第4圖に示す如きものである。以下同圖に依り此の作動を簡単に説明して置くことにしよう。(詳細は特許第132687参照)

電氣的或は機械的に送られた調整要求は先づ操作軸を左或は右へ回轉せしめる。然る時は傘齒車GとAの嚙み合ひに依り齒車Cは回轉し乍らBの圍りを廻る。DはCと一體であるからDも回るのである。Dが回ればEが回ることになり之に取付てある差動主幹開閉器も回ることになる。次に主軸が操作電動機に依つて回されるとBが回りC及びDが回りEが回され再び差動主幹開閉器が回ることになる。併してE即ち差動主幹開閉器の同一回轉方向に對してAとBの回轉方向は何れも同一方向であるからEを常に靜止状態に保つためにはAとBとが互に反對方向に回れば良いことになる。又Eの回轉角度はBCD及びEの齒數比によつて決まるのであり此の關係は最初設計されたまゝ狂ふことは無い。本制御器に於てはAが一回轉する時Bが靜止して居ればEは半回轉し、又Aが靜止して居ればBの一回轉に對してEが半回轉する様に設計して居る。接觸指と接觸帶との關係は接續圖第8圖で判る様に制御器が靜止状態に在る時は接觸は圖の如く開かれて居るのである。A齒車に増の調整要求が來れば接觸指Mは増側に於て接觸を作り操作電動機を回轉せしめる。操作電動機が回れば主軸が回りBが回る(Aと逆方向に)からEは逆に回り接觸指Mが接觸を開き圖の如き平衡状態に戻るのである。

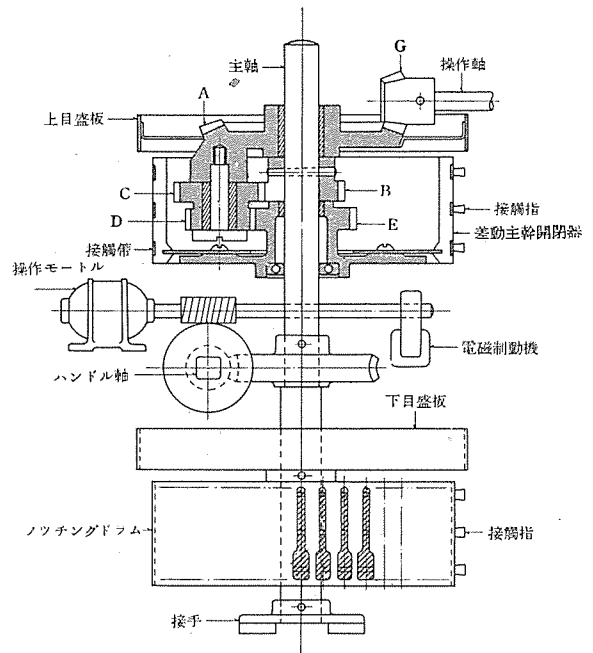
次に操作軸が減の調整要求をAに傳へたとすればAは前とは逆方向に差動主幹開閉器を回すから接觸指Lが減側に於て接觸を閉じ操作電動機を逆轉せしめることは前と同様である。即ち主軸も逆方向に回るからE即ち差動主幹開閉器も亦逆に戻ることになり接觸指Lが開かれて後止る。故に差動主幹開閉器はAとBとが同時に回轉する場合にその差動に依つて何れへか回轉し其の接點を閉ぢるのである。

**上目盛板** はA齒車と一體に成つて居るからA齒車の位置を示すことになる。即ち操作軸より送られた調整要求の増減をそのまま加算し現在要求されてゐる運轉ノッチを示すものである。

## (2) 操作ユニット

此の操作ユニットは補助操作ユニットの下にあるもので操作電動機、減速齒車裝置、手動操作ハンドル、下目盛板、ノッチングドラム、補助回路用制限用開閉器、手動電動切換裝置等よりなる。本操作ユニットは大體に於て普通の電動カム型制御器に用ひるものと同じであるが交流停電の場合に作動しなければならぬから蓄電池を備へた直流電源が是非必要である。大體の構造は第4圖及び第3圖にて判る様に極く頑丈に而もコンパクトに作られ所々に覗き窓が有るから點檢手入れは容易である。

**操作電動機** には四分の一馬力の直流分巻電動機を使



第4圖

用し、塵埃多き場所にも適する様に全閉型として設計し半時間定格となつて居る。

**減速齒車裝置** の部分には特にボールベアリングを使用し手働操作の場合でも輕快に操作出来る様に居る。又此の種の操作電動機は頻繁に逆轉するから接手にはバネ入接手を使用して起動衝撃を緩和せしめてゐる。

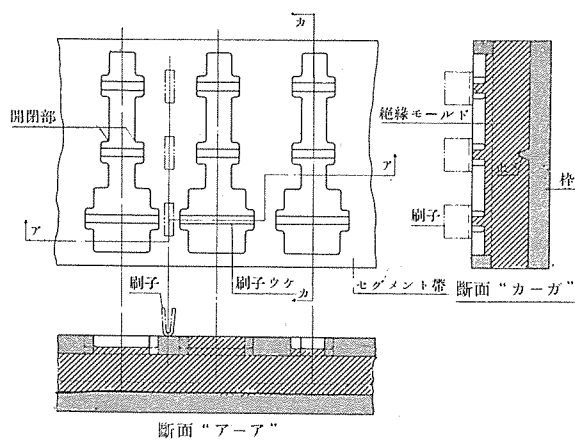
**手働操作ハンドル** は電動操作中は側面のハンドルカケに懸けて置く、手働操作する場合は手働電動切換クラッチを手働側に合せて操作ハンドルを廻せば一回毎に一ノッチを進めることが出来る。

**ノッチングドラム** は制御器を正しきノッチに停止しめるためのものである。大體の構造並に取付要領は第4圖及び第5圖に示す如くであつて主軸と共に回轉するので有る。絶縁モールドにて形成されたもの故摺動開閉部の火花に依り之が劣化することを防ぐために絶縁物の表面に於ける火花の發生を避け、空隙中に於て發生せしめる様特に考慮されて居る。(昭和16年新案公告第1076號)

**下目盛板** はノッチングドラムと共に主軸に取付けてある故主軸が何ノッチに停止してゐるかを知ることが出来る。それ故差動齒車裝置の構造から判る様に制御器が調整要求を満足せしめて停止した場合には必ず上目盛板と下目盛板とは一致するのである。そして目盛は何れも必要な文字のみが覗き窓の所に現はれる様になってゐる。

**補助回路用制限開閉器** にはカム操作式發條閉合型の接觸器を使用してあるから制限開閉器の開かぬために起る危険はない。又これを操作するカムには鋼鐵製の可調整カムを使用してあり如何様にも調整更へが出来るから、後で述べる二次抵抗短絡方法の變更に伴ふノッチ數の改更も自由に出来るのである。(第7圖參照)

**水銀スイッチ** は手働電動切換クラッチに附屬したもの



第5圖

で切換 ハンドル の内側、減速齒車画の中に装置されて居り之は クラッチ を手働操作に切換へた時接觸が開かれて電動操作回路が断たれる様になつてゐるのであつて、要は手働操作中に操作電動機が不用意に運轉することを防ぐのである。(接續圖第8圖、第9圖、第13圖参照)

### (3) 主 接 觸 部

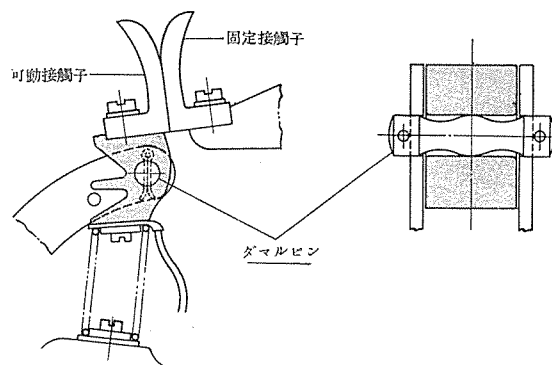
之は本制御器の主體をなすもので二次抵抗を短絡すべきカム 操作式接觸器と主軸に取付けたるカム 群よりなつて居る。接觸器群は四本の絶縁棒に取付けてありカバーを外せば全て露出する様になつて居るから點檢手入配線には大へん便利である。

**接觸器** には 125A, 250A, 500A, 800A, の四種あり何れも ダルピン と稱する特殊なピンを可動接觸片の支軸として用ひてゐる(登録新案第295212號)から接觸面の調整作用は自動的に行はれるか、兩接觸面はただ平滑に仕上げるだけで完全に接觸せしめることが出来るのである。従つて接觸不良のために過熱焼損など起した例は一度も無く、又此のカム 操作型接觸器の特徴は回轉接觸と摺動接觸とを同時に行ひ乍ら而も早入り操作をなすため接觸部の磨耗及び損傷が少く信頼度の高いことである。

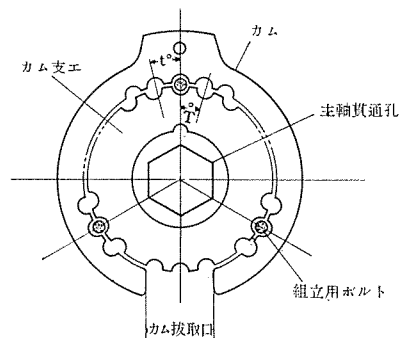
**可調整鋼鉄カム** は第7圖に示す如く主軸にカム 支へを嵌め込み之にカム を取付けてあるものでカム とカム 支へに在る ボルト 孔の數を適當に選んで  $t^\circ$  及  $T^\circ$  の如くすれば  $(t^\circ - T^\circ)$  の如き微細な調整から  $t^\circ$  の倍數或は  $T^\circ$  の倍數角だけの調整變更も可能な譯である。故に二次抵抗の短絡方法を自由自在に變更することが出来る。例へば初め不平衡短絡方法で制御して居たものを他の變つた負荷に使用するため平衡短絡に改めるとか或は一部分のみを不平衡短絡とし他を平衡短絡に改める等は思ひのまゝである。此の點も亦差動主幹開閉器の優れた働きと共に本制御器の特色である。(登録新案第247296號第265773號)

**導線引込口** は C. 202 型迄では床面に設けて在るが C. 204 型以上では各型共に背面カバーに設けて居る。

以上が本制御器の大體の構造である。次に本器を使用



第6圖



第7圖

した例に就てその作動の概略を説明しよう。

### 自動再起動制御法其の一(押釦式遠隔制御の場合)

第8圖に就て先づ符號を説明すれば、

- S#1 及び S#2 は夫々 A 齒車が増速端或は減速端に達したる時に接觸を開く制限開閉器(圖は減速端に在る場合)
- C#4 及び C#3 は制御器主軸が増速端或は減速端に達したる時に開く制限開閉器(圖は第一ノッチに在る場合)
- #1 及び #2 は可逆式ラチェット機構を動かす電磁石線輪で #1 は操作軸を増の方向へ、#2 は操作軸を減の方向に回す。
- DTM<sub>1</sub>, DTN<sub>1</sub> 及び DTM<sub>2</sub>, DTN<sub>2</sub> は夫々時限繼電器の綿輪であつて DTM<sub>1</sub>, DTM<sub>2</sub> を開路した時より或る時限を経て夫々 DT<sub>1</sub>, DT<sub>2</sub> なる接點を閉ぢる。
- #21A, #21B 及び #22A, #22B は操作電動機逆轉用電磁切換開閉器の線輪であつて、#21B 及び #22B は操作電動機逆轉用電磁切換開閉器の線輪であり、#21B 及び #22B は操作電動機の負電流が流れて初めて磁化されるので發電制動を爲す場合の接觸子の接觸壓力を強化補足するのである。
- TR は熱働過電流繼電器
- OCB-b は主電動機用油入遮斷器の補助開閉器で、油入遮斷器が開きたる時接觸を閉ぢるものである。先づ増速の引釦を引いたとすれば #1 増が勵磁される

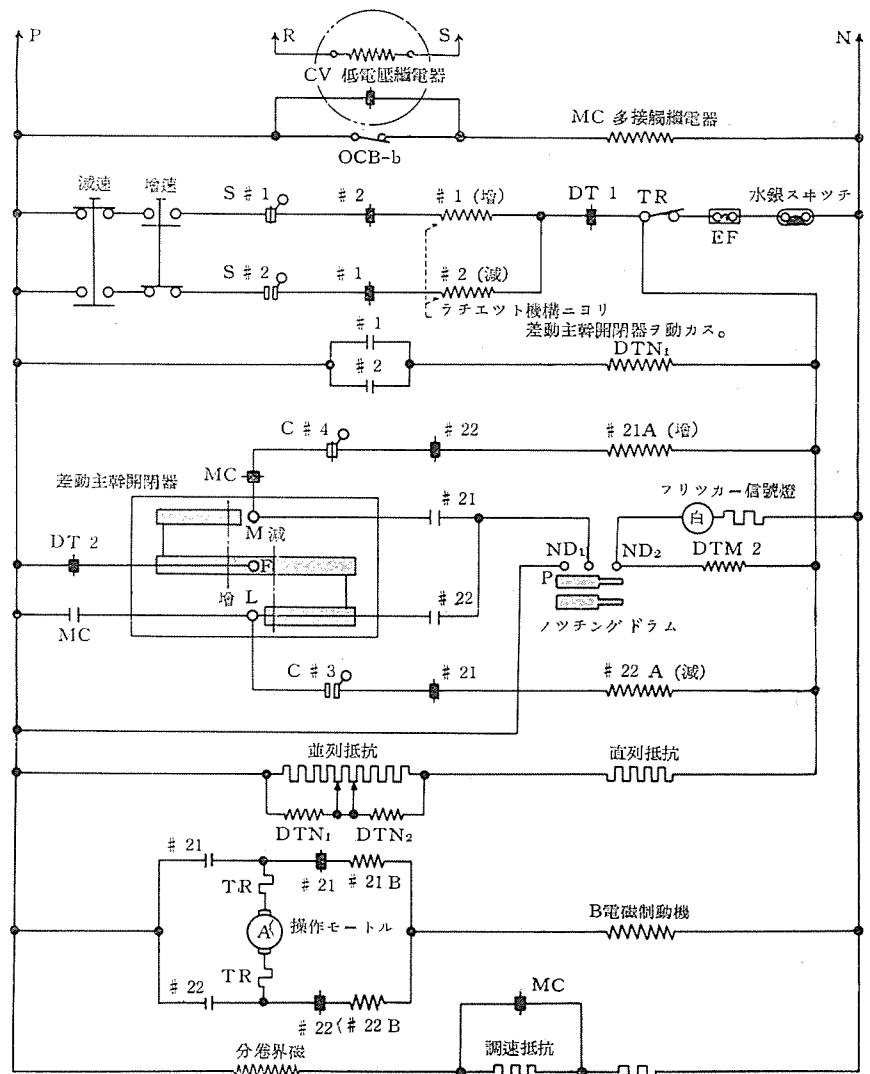
DT<sub>1</sub>の働きに依り#1線輪の勵磁は斷續され鉤を引續けて居る間中、ラチエット機構を働かして差動開閉器を増速の方に回轉せしむ。(前述差動齒車の項参照)然る時接點Mは増側の接觸帶を介してFに結ばれる故#21Aが勵磁されて#21接觸器が働く、依而P—#21—TR—A—TR—#22—#22B—B—Nなる回路が出来て操作電動機は増側に制御器を回轉せしめる。制御器主軸の回轉は直ちに差動齒車に依り差動主幹開閉器を回轉せしめ圖の如き平衡状態に戻すまで働く。斯くて差動主幹開閉器の接點Mが開かれたる時、制御器が正しきノッチに在ざればP及ND<sub>1</sub>なる接觸指はノッチングドラムの接觸帶により橋絡されて居る故#21Aは依然として勵磁されてゐるから制御器は運轉を續ける。P及びND<sub>1</sub>が開かれたる時即ち正しきノッチに於て#21Aは無勵磁となる故操作電動機は停止す。此の場合制動装置として發電制動と電磁制動機とを併用してゐるのは制動作用を完全適確に而も互にその不足を補はしめんとするものである。

減速側の引鉤を引きたる場合

も全く同様にして制御されるのであつて差動主幹開閉器は大體に於て常に圖の如き平衡した状態に停此するものである。

次に或るノッチ(10ノッチと假定す)にて運轉中、停電或は電壓降下が起りCV型繼電器が働けば直ちにMC型多接觸繼電器が働き、増速運轉中と雖も直ちに之を中止して制御器を第一ノッチの方向へ戻し主電動機二次側の挿入抵抗値を増加せしめる。此の時操作電動機に分巻界磁に調速用の抵抗が挿入されるから操作電動機は許容最高速で作動し、更に保護の目的を助けるのである。

此の場合差動主幹開閉器はA齒車静止状態で、Bのみが減速側へ回轉するのであるから増速側のM接點を10ノッチに相當するだけ回轉接觸せしめることに成る。然るにMCに依り#21A線輪回路は斷たれて居る故に電壓が回復してMC接點が再び閉合する迄は#21Aは勵磁されず、例へ制御器が一ノッチ迄に戻り終つて(#22のb接點が閉ちて)も操作電動機を増速側へ運轉せしめることは無いのである。電壓が復活してMC接點が閉ぢれば直に#21Aは勵磁されるから操作電動機は増速



第 8 圖

方向へ運轉を始めるが、此の時は既に調速用抵抗はMC接點に依り短絡されてゐるから操作電動機は並速となる。又DT<sub>2</sub>も効くことになるから或る時限を以て徐々にノッチは進む。そして差動主幹開閉器が圖の如き平衡状態に達して停止する。即ちそこは10ノッチであつて元の運轉位置である。

OCBが開きたる場合即ち主電動機を停止したる場合もCV型電壓繼電器の作動時と同様、急速に制御器を第一ノッチに戻し次の起動に備へしめる様にして居る。(註:若しOCBを開きたる場合上目盛を第一目盛迄で戻したい場合にはOCB-b接點を減速用引鉤と並列に入ればよい)

フリッカー信号燈は制御器の進行中なることを表示するもので一ノッチ毎に點滅せしめる。此の信号燈は操作用引鉤と同じ場所に置き運轉者の便に供するものである。

#### 自動再起動制御法其の二(機械的遠隔制の場合)

汽罐の自動燃焼制御装置などに用ひらるゝ様な場合、調整要求が電氣的に傳導されずして機械的の力として連槓等に依り傳へらるゝ場合がある。斯かる場合には先に説



明した可逆ラチェット機構を取外して操作軸を直接操作せしむればよいのである。第9圖で判る様に引釦及びラチェット機構に關する部分が省けて非常に簡単になる。

### 自動再起動制御法其三（速度制御をしない場合）

速度制御をせず單に巻線二次型誘導電動機を起動するのみのものに對して自動再起動制御を行ふ場合には特に前掲の補助操作ユニットを具備する必要はなく、普通の電動カム型起動器寫真第10圖を用ひ第13圖に示す如き接続方法に依るものである。

以上で本制御器に關する大體の作動説明を終つたのであるが本制御装置に必要な附屬器具に就て簡単に説明しよう。

### 再起動用繼電器函

CV型誘導型電壓繼電器、MC型多接觸繼電器、DT型限時繼電器等を美裝鋼板製キャビネットに納めたものであつて第11圖は起動専用の繼電器函で有る。CV型誘導型電壓繼電器の作動は最小定限時0.4秒附反限時作動に成つて居るが電壓タップや限時調整レバーに依つて適當に調整することが出来る。

### EP-15型電磁接觸器函

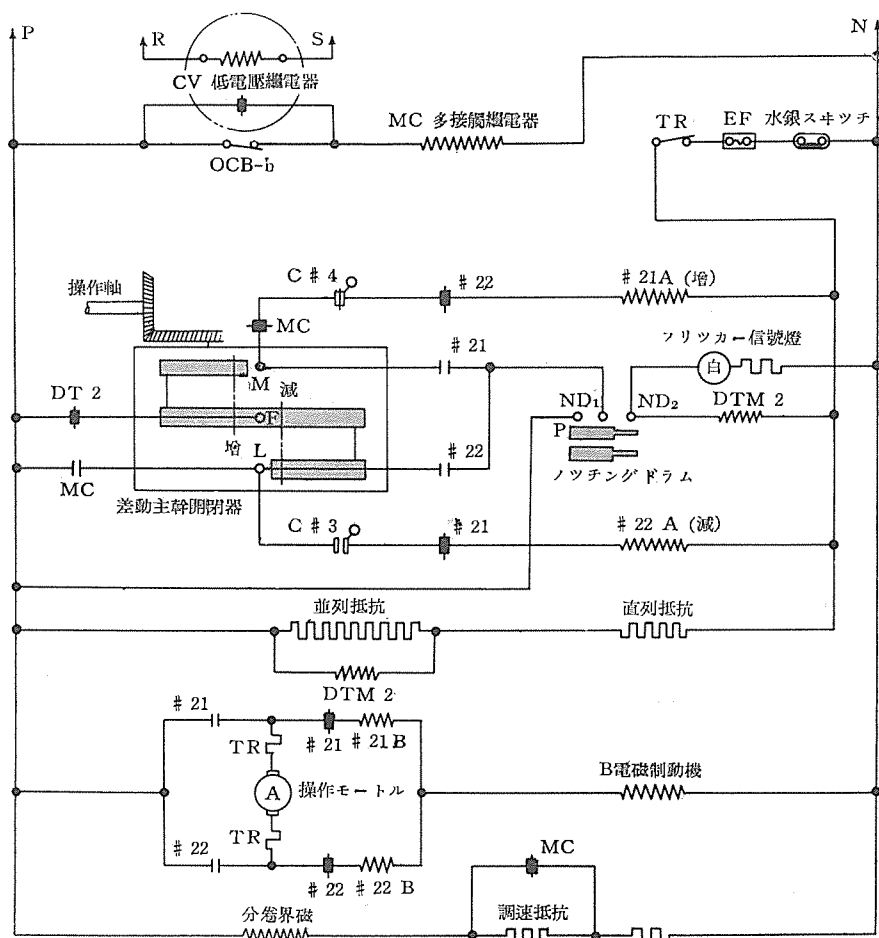
本器は操作電動機の切換運轉用電磁接觸器を始めTR型熱働過電流繼電器、操作回路短絡保護用包裝可熔器等

を鋼板製キャビネットに納めたものである。

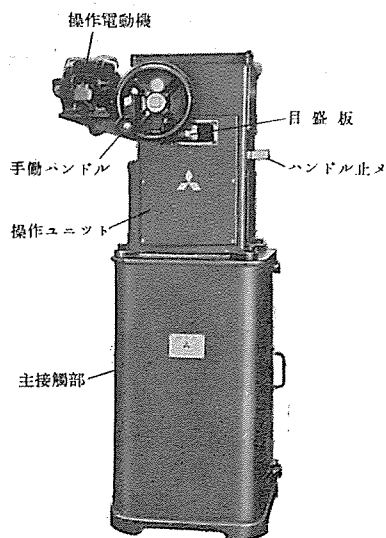
## 結 言

最後に日を逐ふて需要の増加しつつある之等自動再起動式電動カム型制御器の標準表を掲げ併せて、その特徴を列舉して見よう。

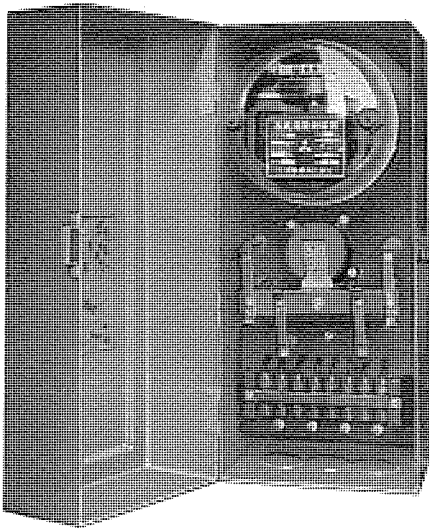
- (1) 自動再起動制御が簡単に、經濟的に而も確實に出来ること。（即ち特殊な設備も要らず一個の制御器と制御用抵抗器で出来る）
- (2) 可調整鋼鐵カムを使用してあるから掘付たまま分解することなくカムの調整、二次抵抗短絡方法の變更などが自由に出来ること。
- (3) カム接作型接觸器には自動調整用ダルマピンを使用してあるから接觸片の取換など未熟の人がやつても接觸不良などの起ることは絶対に無い。
- (4) 機構上は勿論、電氣的にも亦慎重に設計せられて居るから消耗取換部分は少く、従つて故障もなく壽命は長い。
- (5) 普通の電動カム型制御器と全く同一の部分品を使用して居るから互換性があり便利である。
- (6) 手動操作も簡単に出来る。殊にハンドルは一回廻す毎に一ノッチ進める様に工夫してある。



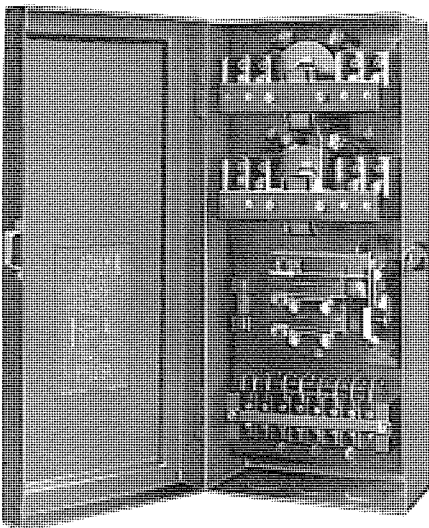
第9圖



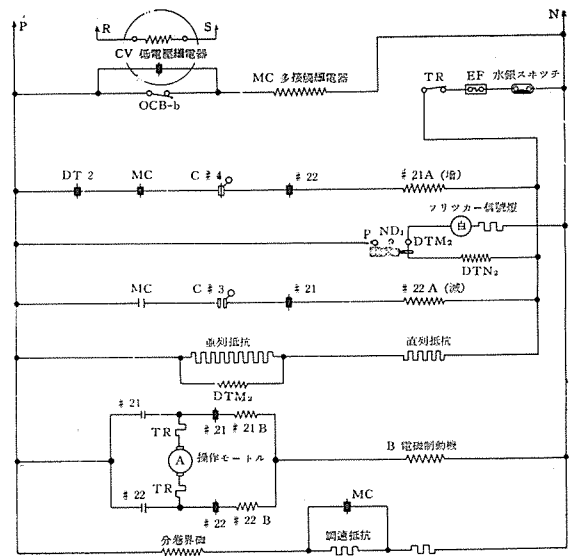
第10圖



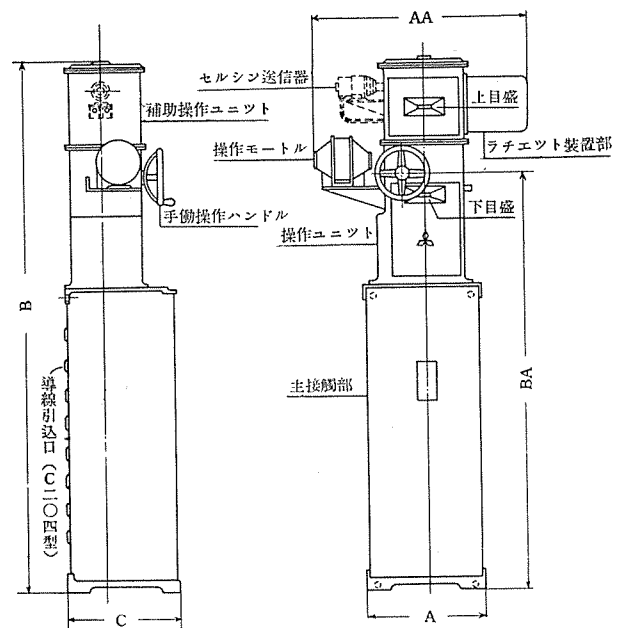
第 11 圖



第 12 圖



第 13 圖



第 14 圖

型	電壓 (V)	電流 (A)	ノッチ数	A	AA	B	BA	C
C 201-10R	1000	125	10	420	762	1364	960	420
C 201-13R	//	//	13	//	//	1496	1092	//
C 201-23R	//	//	23	//	//	1878	1474	//
C 201-30R	//	//	30	580	//	2616	2212	//
C 202-13R	//	250	13	420	//	1536	1152	//
C 202-23R	//	//	23	//	//	1889	1585	//
C 202-30R	//	//	30	580	//	2746	2342	//
C 204-13R	2000	500	13	//	//	2056	1652	357
C 204-23R	//	//	23	//	//	2777	2373	//
C 204-30R	//	//	30	//	//	3253	2849	//

## 圓盤型電磁ブレーキに就て

名古屋製作所 井 戸 敏 夫

### 緒 言

近時工作機械や、電氣 ホイスト が、時局の需めに應じて著しい發達をなすに至り、急停止や充分信頼の出来る制動装置も相俟つて必要となつて來た。特に工作機械に於ては、1 台の機械に對し 1 個乃至數個の電動機を用ひて各種の操作をなす所謂單獨運轉方式が盛となり、電力の經濟的使用、能率の増進を計りつゝある。そして又、之等の電動機の或るものには、制動装置を電氣的、或は機械的に設けて、電動機の惰性回轉により生ずる時間的浪費を避けつゝある。工作機械の主軸の惰性回轉による材料取換時間の浪費は、多量生産の場合、生産能率上見逃せない重要な因子である。之等制動装置としては電磁ブレーキが大なる役割を果して居るのであつて從來シュー型の電磁ブレーキが多く用ひられて居たが、最近工作機械の進歩により電動機が工作機械本体の一部となるにつれ電動機取付型でなく電動機本体の一部たるが如き構造のブレーキの要求が起つて來た。又電氣ホイストに於ても電磁ブレーキが専ら用ひられてゐるが、全閉型で成る丈小さく電動機との纏りのよい構造で保守簡單且信頼度の高いブレーキが要求されてゐる。

茲に於て圓盤型電磁ブレーキの必要が漸く認められ其の需要も益々多くなる状況にあるので弊所に於ても之が開發に鋭意努力し、既に AD 型として圓盤型電磁ブレーキ數種を完成、需めに應じつゝある、以下其の構造、特長を述べ使用の参考に供したいと思ふ。

### 構 造

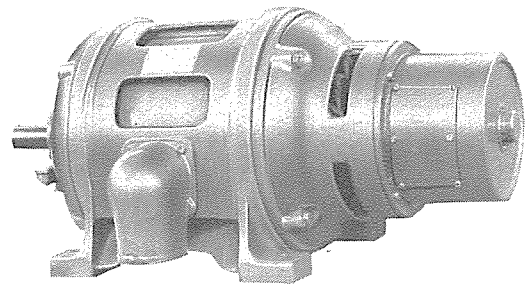
#### 外 觀

第 1 圖、第 2 圖は AD 型電磁ブレーキの外觀を示す。寫眞に見る如く、從來のシュー型とは非常に異り電動機と一体となつてゐて纏りもよく、占有面積も少なくて済むのである。又回轉部分、機構部分は全部箱内に收められるから、密閉、水密型となし得られ、塵埃、水滴から完全に保護することが出来る。

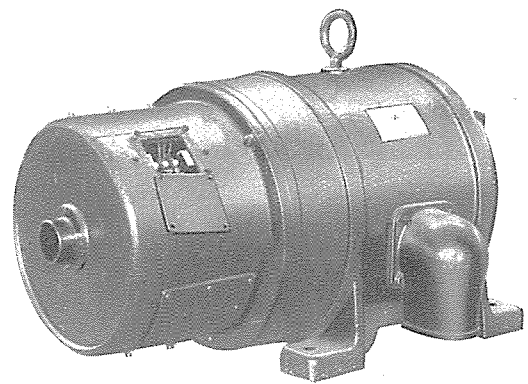
#### ブレーキ板、ブレーキライニング

第 3 圖は其の内部構造を示したもので、本ブレーキは大別して電動機本体③に取付ける爲の取付板①と、ブレーキ箱②とより成立つて居る。

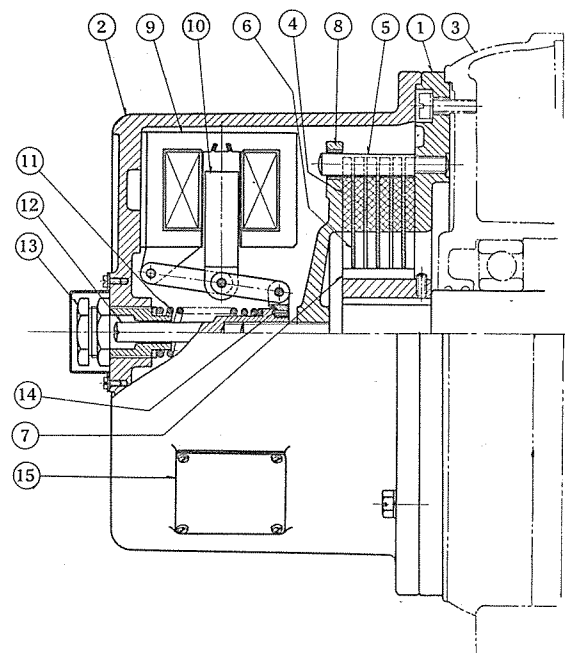
取付板は、電動機本体にボルト又は平ネジを以て締付けられ、取付板上には、ネジ棒⑤を 4 乃至 8 個設け、これにブレーキライニング④とブレーキ板⑥とを交互に積重ねてある。ブレーキ板は、第 4 圖で見る如く、電動機軸に取付けられた齒車に弛く嵌め込まれ、電動機軸の回轉と共



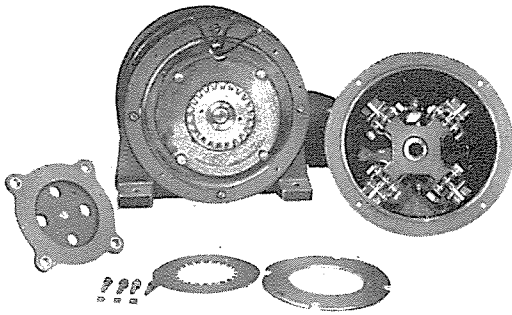
第 1 圖 AD-1 型電磁ブレーキ



第 2 圖 AD-3 型電磁ブレーキ



第 3 圖



第 4 圖 AD-1 型電磁ブレーキ 内部

に回轉し、恰もシュー型に於けるブレーキ車に相當せるもので、特殊のパネ鋼板を以て製作し、2枚乃至3枚を用ひて居る。押板⑧は、押パネ⑩の押壓に依つて、ブレーキ板を壓し、以て制動作用をなすものである。従つてブレーキ板は、軸方向のみに移動するもので制動力がかゝつてもシュー型に見る如くブレーキシューの軸に對する偏心の爲等によつて軸に曲げモーメントの如きを加へることなく、制動力は、ブレーキ板とブレーキライニングの間に均等に作用する大なる利點がある。

圓盤型ブレーキに必要な制動力は次の如くして求められる。

第5圖(a)に於て

$p$  = 圓盤上軸方向に作用せしめる制動壓力  $\text{kg/cm}^2$

$r_1$  = ブレーキ板摩擦面の内徑  $\text{cm}$

$r_2$  = ブレーキ板摩擦面の外徑  $\text{cm}$

$M$  = 軸にかゝる制動モーメント  $\text{kg-m}$

$\mu$  = 摩擦係數

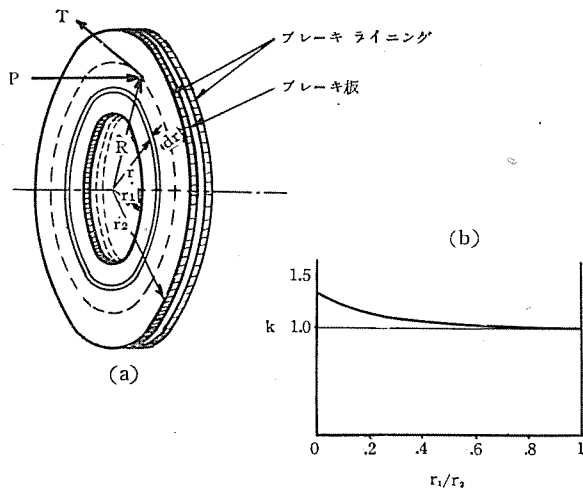
とすれば

$$M = \int_r^{r_2} p \cdot \mu \cdot r \cdot 2\pi r \cdot dr \times 10^{-2}$$

$$= \frac{2\pi}{3} p \cdot \mu (r_2^3 - r_1^3) \times 10^{-2}$$

今  $P_s$  = 圓盤上軸方向に作用する全制動力  $\text{kg}$  とすれば

$$p = \frac{P_s}{\pi(r_2^2 - r_1^2)}$$



第 5 圖

$$\therefore M = P_s \cdot \mu \cdot \frac{r_1 + r_2}{2} \left\{ \frac{4}{3} \left( 1 - \frac{r_1 r_2}{(r_1 + r_2)^2} \right) \right\} \times 10^{-2}$$

$$\frac{4}{3} \left( 1 - \frac{r_1 r_2}{(r_1 + r_2)^2} \right) = k \quad \text{とおけば}$$

$$M = P_s \cdot \mu \cdot \frac{r_1 + r_2}{2} K \times 10^{-2}$$

此の  $k$  は  $r_1/r_2$  の値に對して 1.33~1 の間に變化し、第5圖  $b$  に示す如く、例へば  $r_1/r_2 = 0.5$  に於ては  $k = 1.04$  であるから上式は實用上

$$M = P_s \cdot \mu \cdot \frac{r_1 + r_2}{2} \times 10^{-2}$$

と書くことが出来る。

今

$$\frac{r_1 + r_2}{2} = R \quad \text{ブレーキ板摩擦面の平均半徑 cm}$$

$n$  = 摩擦面の數とすれば

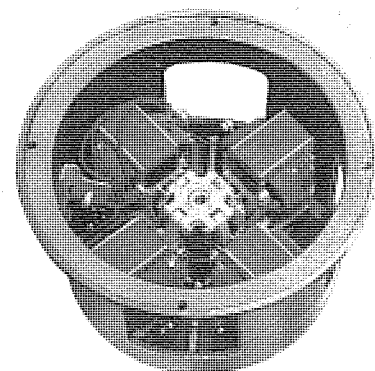
$$M = P_s \cdot \mu \cdot R \cdot n \times 10^{-2}$$

迄がブレーキライニングとして最も適當して居る。然し設計に當つては充分安全率を見込んで此の値より小さくとりて居る。

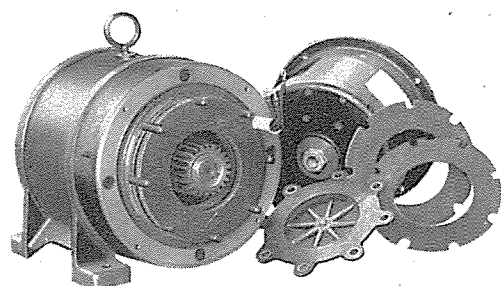
#### 電磁石、肘機構、押パネ

ブレーキライニングとブレーキ板とを壓着及び離間せしめるのは、押板⑧によるのであるが、押板は押パネ⑩から壓力を受ける。電動機回路の開閉器が閉ぢられると同時に電磁石、⑨も勵磁され、可動鐵心⑩を押パネの力に抗して吸引し、パネを押し縮め、押板は左方に動き、ブレーキを弛めの状態にする。

電磁石は、第6圖の如く同形の4個を互に向ひ合はせ、可動鐵心の上下運動を押板の左右運動に變へるには



第 6 圖 ブレーキ箱内部



第 7 圖 AD-3 型電磁ブレーキ 内部



シューに鉋にて裏打ちされるのではなく、單にライニング自身がネジ棒に自由に嵌り込んで居て制動力は直接ブレーキライニング自身が受けるのであり、又ライニングとブレーキ板とは交互に積重ねられて居るので、弛めの状態に於ても多少は両者は觸れ合つて回轉してゐる關係上、ブレーキライニング及びブレーキ板に歪みがあると常に両者は摺つて回轉して居ることになる。従つて圓盤型電磁ブレーキに用ひるブレーキライニングは形其のものが正確に出來てゐることが必要なわけである。弊所に於ては、此の點特に注意し、高温に耐える石綿纖維を主材とし、之に特殊の結合剤を加へて處理した優秀なるものを用ひて居る。

摩擦係数は餘り小さくは無論ブレーキライニングとして使命を果し得ないが、一般に耐熱、耐摩擦、強度の大なるもの程摩擦係数は小さく、摩擦係数を大にすれば之等の條件を犠牲にせねばならず、實際には製作上大体或る値に落着いてしまふのであつて普通は 0.35 から 0.45 位となる。一方  $0a$  に相當する  $\frac{P_M}{P_S} = 0e$  となるから此の場合  $P_M = 0c \times 0e$  として求められる。第 10 圖 C 曲線は斯くして求めた可動鐵心の行程に對するパネ壓である。

電磁石は、プランジャー型を使用し、其の吸引力—行程特性は曲線 A 及び B に示す如くで、圖より明かな様に、パネの抗壓と電磁石の吸引力特性とが、よく似た方向特性を持つて居るので此の肘機構を用ひて、プランジャー型電磁石の特性を有効に利用することが出来るのである。而してブレーキ釋放電壓は、規定電壓の 85 % にとるのが普通である。

押パネは、中央に 1 個設けられてゐるから押壓は、押板の中心に加へられ、ブレーキライニング及びブレーキ板上の壓力を均等にすることが出来る。

#### 調整、點檢

ブレーキライニングは、使用中に漸次摩擦するものであるが、これが調整は、摩擦調整軸（第 3 圖 12）によつて押

板のみを移動せしめてパネ壓に無關係に調整出來、又パネ壓を加減するには、パネ壓調整ナット（第 3 圖 13）を廻すことにより押板に無關係に加減することが出來、何宛も外部からスパナとネジ回しを以て簡単に調整を行ふことが出来る。

内部點檢をする場合には、箱の三方にある窓の蓋を外せば容易に行ふことが出来る。注油を必要とする箇所は無く、其の手数は全くない。若しブレーキライニングの著しい摩擦の爲之を取換へる際は、ブレーキ箱を外し豫め用意した同形のブレーキライニングと取換へるのみでよく、シュー型の如くブレーキシューにライニングを裏打ちする様な面倒もなく極めて簡単である。

#### 線輪の接續、端子の位置

電磁石は前記の如く 4 個設けてあるが、各線輪は第 11 圖 (a) の如く 200/220 V に對しては、對稱位置の 2 個を並列に接續して之を 3 相 V 結線とし、400/440 V に使用の際は (b) 圖の如く 2 個宛直列となし之を V 結線とすれば簡単に同一の線輪にて切換使用が出来る。

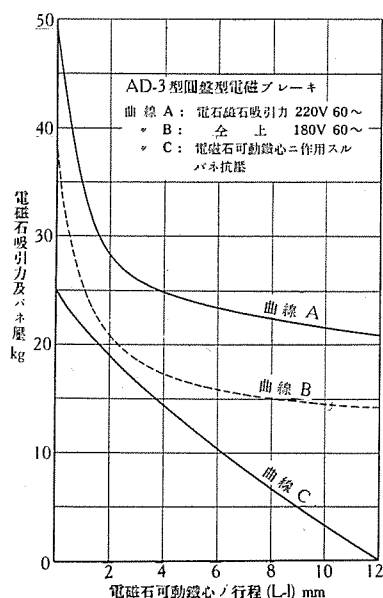
電動機から電磁ブレーキへの配線は、第 4 圖、第 7 圖に示す如く電動機導線から分岐して直接内部にて接續することも、又外部から端子板に接續することも出来る。但し此の場合には端子窓の蓋（第 3 圖 15）の代りに特殊の端子蓋を覆せるのである。

又端子窓の位置はブレーキの取付關係を 90 宛變へ得るから四方向の内任意の方向へ置くことが出来る。

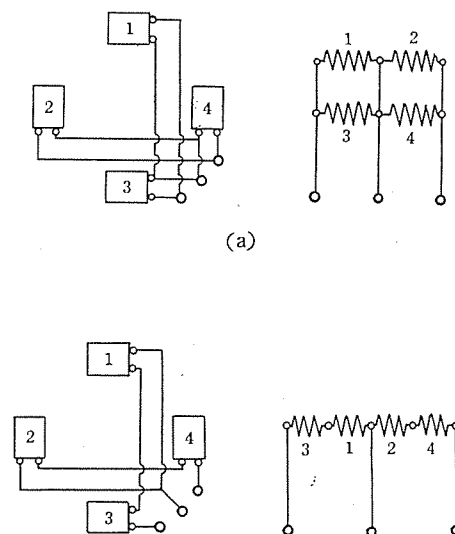
#### 電磁ブレーキの選定

電磁ブレーキの選定には二つの方法があつて、其の一つは、100 回轉の馬力を基とした選定法であり、他の一つは制動回轉力を基とした選定法である。

前者は、回轉力を一定にして置いて、回轉數を毎分 100 回轉にした場合の馬力を以て表はす方法で即ち



第 10 圖



第 11 圖



$$K = \frac{H.P.}{N} \times 100$$

$K$  = 毎分 100 回轉に對する馬力

$H.P.$  = 電動機の馬力

$N$  = 電磁ブレーキ軸の毎分の回轉數

故にこの數値が一定であれば、馬力と回轉數に關係無く回轉力是一定であるから從つて電磁ブレーキの容量も一定となる。

後者に於ては、

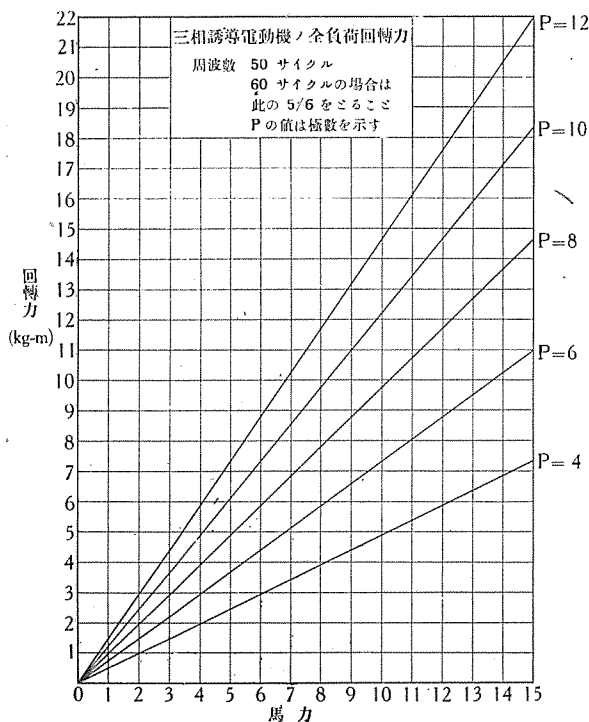
$\tau$  = 電磁ブレーキ軸の全負荷回轉力 kg-m

$H.P.$  = 電動機馬力

$N$  = 電磁ブレーキ軸の毎分の回轉數

とすると

$$\tau = \frac{730 \times HP}{N}$$



第 12 圖

ブレーキの制動回轉力は此の $\tau$ に等しいか或は其れ以上でなければならぬと云ふのであつて此の方法が一般に用ひられてゐる。又捲揚用では電動機の引揚げ得べき最大荷重を充分保持し得る制動回轉力が必要である。電動機の全負荷回轉力を第 12 圖に示す。

尙電磁ブレーキ選定に際しては次の事項が必要である。

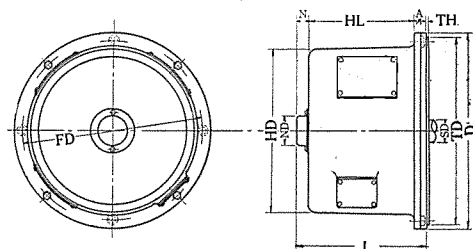
1. 電動機の型、枠器、出力、定格時間、毎分回轉數、電壓、周波數、相數、電壓變動率
2. 電動機の全負荷回轉力以外に必要な回轉力を要求する時あらばその値
3. ブレーキ側軸端寸法及びキーの寸法等
4. 負荷の性質大略、デューティサイクル、耐酸、耐滴、或は周圍溫度等使用場所の特殊の狀態

## 結 言

以上述べた如く圓盤型電磁ブレーキは

1. 外形が小さく纏り場所を取らないこと
  2. 電動機、機械本体との調和のよいこと
  3. 電動機軸、軸承等に少しも無理を生じないこと
  4. 摩擦面が比較的大きく、制動壓力の分布が均等、動作が圓滑であること
  5. 防塵、密閉、水密型となし得保守も容易なること
- 等の長所がある。

現在弊所に於ては AD-1.3.4 型(第 13 圖参照)を製作して居り、内面研磨盤、平面研磨盤等の工作機械主軸電動機、電氣ホイスト電動機に取付け好成绩を収めて居る。



第 13 圖 (a)

型式	D	TD	FD	HD	ND	SD	L	TH	A	HL	N	制動回轉力 kg-m.
AD-1	220	180	200	178	38.5	18-27	154	2	21	118	15	0.6
AD-2												
AD-3	306	294	270	256	47.5	34	220	3	27	169	24	4.5
AD-4	354	345	320	304	54.5	34	255	3	27	201	27	10.0

第 13 圖 (b)