



# 三菱電機

第 19 卷

昭和 18 年 12 月

第 12 號

## 内 容 目 次

實測溫度上昇曲線による熱時常數の推定法……………	片岡高示 ……	403 (1)
波型金屬空盒及び其の工作法に就て……………	山田三郎 ……	409 (7)
極數變換電動機による速度制度の實驗に就て……………	織本照雄 ……	413 (11)
三菱積層乾電池……………	鎌居利惣 ……	419 (17)
內鐵型變壓器の渦流損に關する研究 (I) ……	木村久男 ……	421 (19)
ミシン 發達史 (3) ……	伊東璋 ……	431 (29)

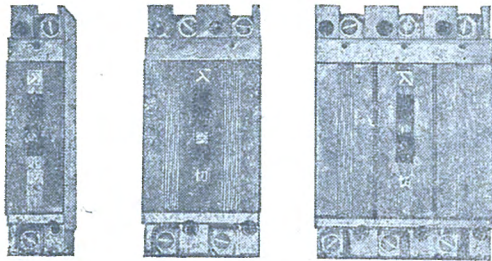
三菱電機株式會社

振興課





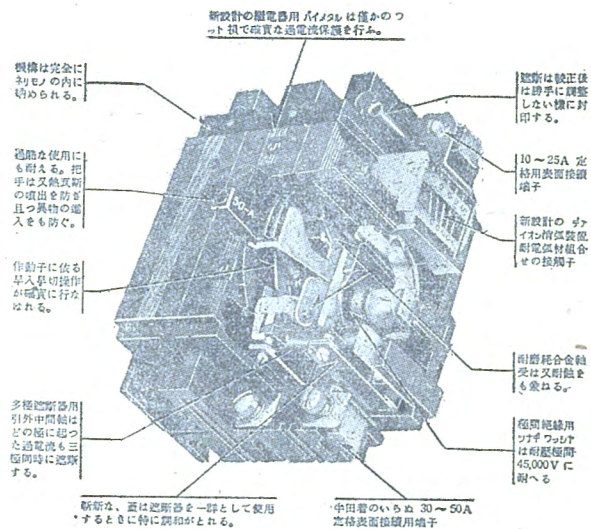
# 新製品紹介



NF-50 型 デイオン 遮断器

詳細は本誌第 19 巻 第 11 号 (昭 18-11)  
御参照下さい。

## 新たに改良が加へられた 小型 デイオン 遮断器



NF-50 型 デイオン 遮断器

NE 型 ノーフューズ 分電盤に使用した遮断器は、分岐回路用 50A 定格、主回路用 100A、及び 225A の 3 種である。分岐回路用遮断器は誕生以來十年に近い歳月を経、分電盤構成単位として特に便利な構造とした爲に、一般向としては取付方法に多少不便な構造となり、應用の範圍が割合に狭かつた。

今度使用実績から得た経験と、新しい工作技術とに基き、デイオン 消弧装置の優れた性能を有し外觀は勿論内容的にも非常に斬新な NF-50 型遮断器を作つた。之は 250V、50A の遮断器で表面配線も裏面配線も出来、分電盤分岐遮断器としては勿論電動機の起動開閉器にも應用し得るものである。

1. 新型はV字型の切込を持つ鐵板製の消イオン板を、ファイバー板で狭い隙を持たせて積重ね完全に包圍してしまつた爲に、成型品の耐熱が左程問題でなくならしめ、消イオン室を改良した。
2. 操作 ハンドル の構造を大改良を行ひ、高壓の熱瓦斯又は焰が外面のハンドル貫通口の隙間から噴出の危険を防ぐことが出来る。
3. この遮断器の端子には表面接續用として二通りの配線を考へ、定格電流 30A 迄には表面の座金端子を、それ以上の定格には側面の差込式端子を用ひ裏面配線用分電盤に用ふる場合と、配電盤で端子棒を用ひる場合とに便利な裏面接續部分を設けて如何なる配線方法にも任意に選び得る至極便利な構造とした。

# 實測溫度上昇曲線による熱時常數の推定法

片岡 高 示

## 内 容 梗 概

電氣機械の溫度上昇曲線は一般に  $\theta = \Theta(1 - e^{-\frac{t}{T}})$  なる指數曲線になるものとされてゐる。故に連續定格の電機にして溫度上昇試験によりて最終溫度上昇  $\Theta$  が知りうる時は、其の熱時常數  $T$  は、 $T = \Theta / \left( \frac{d\theta}{dt} \right)_{t=0}$  として溫度上昇曲線より簡単に知りうる。然し短時間定格の電機では最終溫度は實測されてゐない。今溫度上昇曲線上時間  $t_1, t_2$  に於ける溫度上昇を夫々  $\theta_1, \theta_2$  とするときは、 $\theta_1 = \Theta(1 - e^{-\frac{t_1}{T}})$  及  $\theta_2 = \Theta(1 - e^{-\frac{t_2}{T}})$  となる。この聯立方程式を解けば  $T$  を知りうるのであるが、其の解法を式に依らず圖式を用ひて簡単に  $T$  を求むる方法を述べてある。尚  $\theta_1, \theta_2$  は試験初期に於ける値をとる可きか最終に近き値をとる可きを検討した。

## I 結 言

溫度上昇試験に長時間を要する電氣機械の、溫度上昇試験に要する時間の短縮從つて試験に要する電力の節約といふ立場より短時間試験により最終溫度上昇を豫測する方法に就いては多くの論文が既に發表せられてゐる。其等はすべて試験者としての立場より論じたものであるが、此處に述べんとするのは設計者としての立場より熱時常數を検討する方法に就いてある。即ち短時間定格の電機を設計して其の溫度上昇を豫測するには其の電機の熱時常數を知らねばならぬ。熱時常數は勿論理論的計算により求めうるものであるが、これを實測結果より検討して見ぬ場合が時々あらうと思ふ。然しこの場合は最終溫度上昇  $\Theta$  が不明なる故、 $T = \Theta / \left( \frac{d\theta}{dt} \right)_{t=0}$  として簡単に  $T$  を求むる事は出来ない。今述べんとする方法を用ふる時は實測の溫度上昇曲線上時間  $t_1, t_2$  に於ける溫度上昇  $\theta_1, \theta_2$  を知り圖式により其の熱時常數  $T$  を簡単に見出しうる。然して其の計算の途中にて副産物として最終溫度上昇も豫測出来る。從つて溫度上昇曲線が指數曲線に近き曲線なる時は最終溫度上昇の豫測にも使用出来る譯であるが、本々の主目的は熱時常數を検討するにある。尚以下は主として直流機に就いての實測値並に計算であるが、この方法は電氣機械一般に就いても採用しうらと思ふ。

## II 熱時常數の推定法

既知の通り溫度上昇曲線は次の如く指數曲線にて示しうる。

$$\theta = \Theta(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (1)$$

こゝに

$\Theta$  = 最終溫度上昇

$\theta$  =  $t$  時間後に於ける溫度上昇

$T$  = 熱時常數。

(1) 式を變形して

$$\theta/\Theta = 1 - e^{-\frac{t}{T}}$$

$$e^{-\frac{t}{T}} = 1 - \theta/\Theta$$

兩方の對數をとりて。

$$-\frac{t}{T} = \log(1 - \theta/\Theta) \quad (2)$$

これより明らかな如く  $t$  を一定としてこの曲線を半指數目盛にて表はす時は  $(1 - \theta/\Theta)$  と  $\frac{1}{T}$  とは直線關係となる。

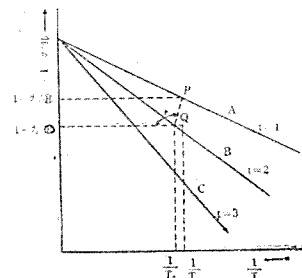
即ち第1圖の如く縦軸に指數目盛をとり横軸に均等目盛をとり  $t=1, t=2, t=3$ , 等  $t$  を一定とすれば  $(1 - \theta/\Theta)$  と  $\frac{1}{T}$  との關係は第1圖 A, B, C 等の直線となる。

次に第2圖の如く實測にて求めたる溫度上昇曲線が指數曲線になつてゐるとすれば (1) 式と同様に、

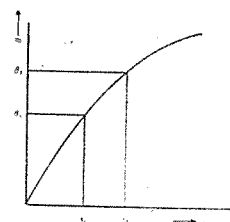
$$\theta_1 = \Theta(1 - e^{-\frac{t_1}{T}})$$

$$\theta_2 = \Theta(1 - e^{-\frac{t_2}{T}})$$

となる。これを式(2)と同様に變形すれば、



第 1 圖



第 2 圖

$$-\frac{t_1}{T} = 1 - \theta_1/\Theta \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$-\frac{t_2}{T} = 1 - \theta_2/\Theta, \quad \dots\dots\dots (4)$$

となる。今第 1 圖にて  $t_1$  に相當する時間に對して豫め  $(1-\theta/\Theta)$  と  $\frac{1}{T}$  との關係を求めたる直線を  $A$  とす。式 (3) にて  $\Theta$  をある値に豫測する時は  $A$  直線上にて縦座標が  $(1-\theta_1/\Theta)$  に相當する點  $P$  の横座標  $\frac{1}{T_1}$  従つて  $T_1$  はこの場合の熱時常數を與ふ。次に式 (4) よりも同一  $\Theta$  を豫測する時は同様  $B$  直線上  $Q$  點より其の場合の熱時常數  $T_2$  を知る。然して  $\theta_1, \theta_2$  が 1 つの指數曲線にて表される溫度上昇曲線上にある時は  $P, Q$  より求めたる熱時常數  $T_1, T_2$  は等しかる可きである。即ち最初豫測せる  $\Theta$  がこの曲線に對して適正なる値なる時は  $P, Q$  點を結ぶ直線は横軸に對して垂直となり一つの適正なる熱時常數  $T$  を與ふる事になる。

而して直線  $P, Q$  が横軸となす角  $\gamma$  が鋭角なる時は最初に豫測せる  $\Theta$  がこの溫度上昇曲線に對する適正なる最終溫度上昇より低すぎる場合で、逆に  $\gamma$  が鈍角をなす場合は高すぎる場合である。

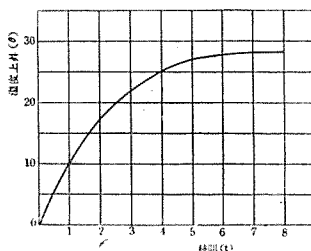
### Ⅲ 實例に就いての計算例

(例 1) 第 3 圖の如き實測の溫度上昇曲線より

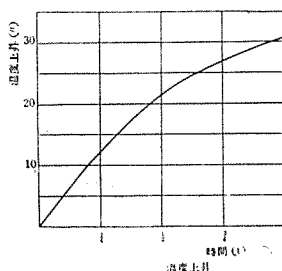
$$\begin{aligned} t_1=2 \text{ にて } \theta_1 &= 1.73^\circ\text{C} \\ t_2=3 \text{ にて } \theta_2 &= 22^\circ\text{C} \end{aligned}$$

第 1 回 先づ最終溫度上昇を  $30^\circ\text{C}$  と豫測すれば

$t=2$  にて  $\theta_1/\Theta=0.576$  従つて、 $1-\theta_1/\Theta=0.424$  故に第 5 圖直線  $A$  上に縦座標  $0.424$  なる點  $P_1$  をとれば其の點の横座標より  $\frac{1}{T_1}=0.43$  となる。次に  $t_2=3$  にて、 $\theta_2/\Theta=0.733$  従つて、 $1-\theta_2/\Theta=0.267$  故に同圖直線  $B$  上に  $Q_1$  をとれば、 $\frac{1}{T_2}=0.44$  となり直線  $P_1 Q_1$  は



第 3 圖  
縱鐵溫度上昇曲線



第 4 圖  
補極線輪溫度上昇曲線

横軸に對して鋭角をなす、故この豫測せる  $\Theta$  は適正值より低すぎる事が判る。

第 2 回 次に  $\Theta=32^\circ\text{C}$  と豫測すれば、

$$t_1=2 \text{ にて } \theta_1/\Theta=0.54, 1-\theta_1/\Theta=0.46,$$

$$\begin{aligned} &\left( \begin{aligned} &\text{直線 } A \text{ 上の } P_2 \text{ より } \frac{1}{T_1}=0.39 \\ &t_2=3 \text{ にて } \theta_2/\Theta=0.687, 1-\theta_2/\Theta=0.313 \\ &\text{直線 } B \text{ 上の } Q_2 \text{ より } \frac{1}{T_2}=0.385, \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

即ち直線  $P_2 Q_2$  は横軸に對して鈍角をなす故  $\Theta=32^\circ\text{C}$  は適正值より稍高き事を知る。

第 3 回、次に  $\Theta=31.5^\circ\text{C}$  と豫測すれば

$$t_1=2 \text{ にて } \theta_1/\Theta=0.55, 1-\theta_1/\Theta=0.45,$$

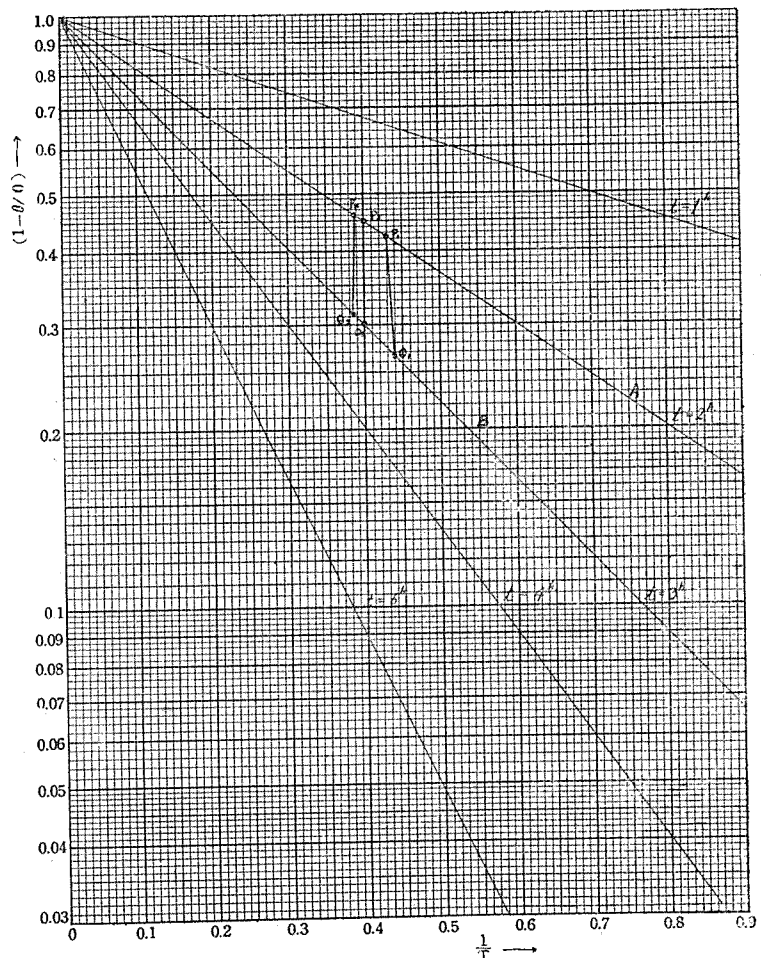
$$\begin{aligned} &\left( \begin{aligned} &P_3 \text{ より } \frac{1}{T_1}=0.4 \\ &t_2=3 \text{ にて } \theta_2/\Theta=0.699, 1-\theta_2/\Theta=0.301, \\ &Q_3 \text{ より } \frac{1}{T_2}=0.4, \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

直線  $P_3 Q_3$  は垂直となり熱時常數  $T=2.5$  を知る。而してこの場合の適正なる最終溫度上昇は  $31.5^\circ\text{C}$  である。

(例 2) 第 4 圖の如き溫度上昇曲線より

$$t_1=\frac{1}{2} \text{ にて } \theta_1=21.5^\circ\text{C} \text{ 又 } t_2=1 \text{ にて } \theta_2=30.6^\circ\text{C}$$

第 1 回  $\Theta=40^\circ\text{C}$  と豫測すれば



第 5 圖



$$t_1 = \frac{1}{2} \text{ にて } \theta_1/\Theta = 0.538, 1 - \theta_1/\Theta = 0.462,$$

$$\frac{1}{T_1} = 1.54$$

$$t_2 = 1 \text{ にて } \theta_2/\Theta = 0.765, 1 - \theta_2/\Theta = 0.235, \frac{1}{T_2} = 1.44,$$

第6圖にて  $P_1, Q_1$  は鈍角をなす故に  $40^\circ\text{C}$  は高かすぎる。

第2回  $\Theta = 36^\circ\text{C}$  とすれば

$$t_1 = \frac{1}{2} \text{ にて } \theta_1/\Theta = 0.597, 1 - \theta_1/\Theta = 0.403,$$

$$\frac{1}{T_1} = 1.82$$

$$t_2 = 1 \text{ にて } \theta_2/\Theta = 0.85, 1 - \theta_2/\Theta = 0.15, \frac{1}{T_2} = 1.88$$

$P_2, Q_2$  は鋭角をなす故に  $36^\circ\text{C}$  は低すぎ。

第3回  $\Theta = 37^\circ\text{C}$  とすれば

$$t_1 = \frac{1}{2} \text{ にて } \theta_1/\Theta = 0.58, 1 - \theta_1/\Theta = 0.42, \frac{1}{T_1} = 1.75$$

$$t_2 = 1 \text{ にて } \theta_2/\Theta = 0.827, 1 - \theta_2/\Theta = 0.173,$$

$$\frac{1}{T_2} = 1.75$$

$P_3, Q_3$  は垂直となり、 $T = 0.57$  を知る。又この時の適正なる最終温度上昇は  $37^\circ\text{C}$  である。

尚第1圖にて  $A, B, C$  直線が横軸に對して  $45^\circ$  をなす場合が目盛の読みが最も正確に行ひうるのであつて、こ

の直線が垂直或は水平に近づくに従つて目盛を読む上の誤差が大きくなる。依て第5圖及第6圖の如く  $t=1$  以上の長時間の場合と、 $t=1$  以下の比較的短時間の場合と目盛方を變へた圖を作つてをけば實際の使用に際して便であり、又目盛の読みによる誤差は少なくなる。即ち例1の場合は第5圖を使用し、例2では  $\frac{1}{T}$  の目盛を變へた第6圖を使用した。

#### IV 計算法の檢討

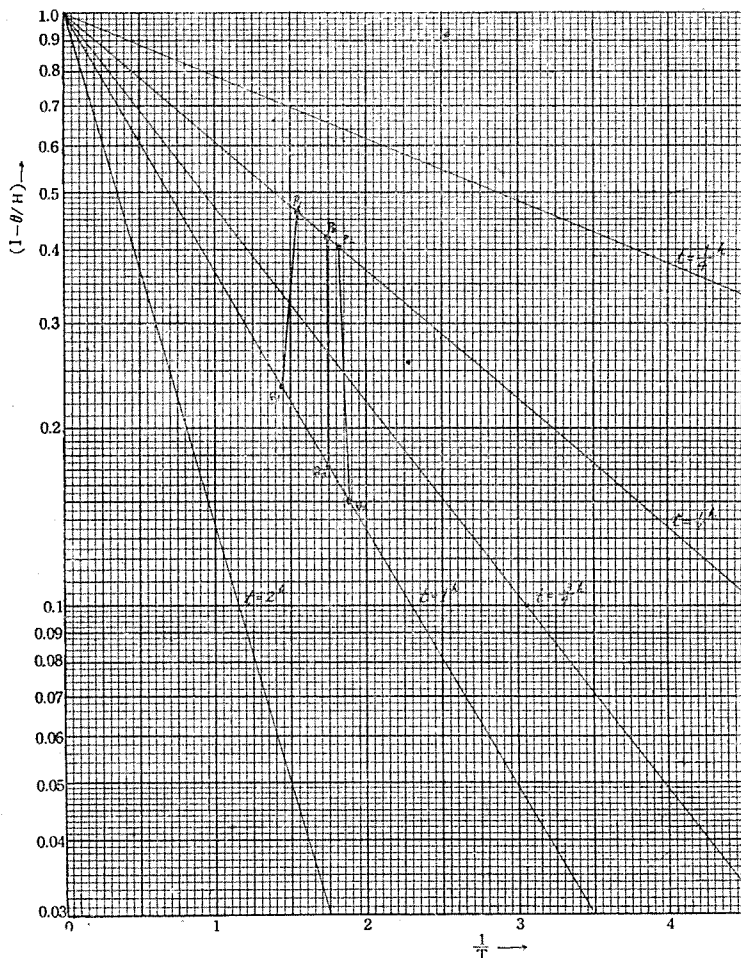
實測温度上昇曲線上の2點をとるのに如何なる2點をとる可きか。温度上昇の比較的初期に於ける2點をとる可きか、或は最終に近き2點をとる可きか、又2點間の時間的間隔を如何にす可きか、以下實例につき検討してみよう。

(例1) 2 H.P., 1500 r.p.m. 全閉型連續定格、織鐵温度上昇、第7圖

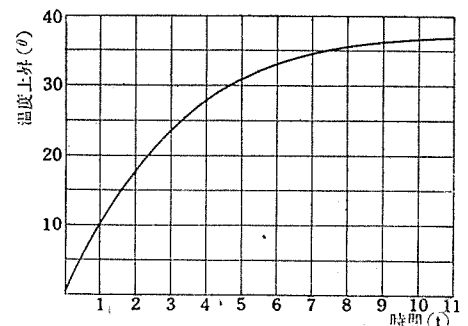
$$t_1 = 1 \text{ にて } \theta_1 = 10.5^\circ\text{C}, t_2 = 2 \text{ にて } \theta_2 = 18.3^\circ\text{C}$$

より上記方法により  $T$  及  $\Theta$  を求むれば、 $T = 3.12$ ,  $\Theta = 38^\circ\text{C}$  をう。この  $T, \Theta$  を用ひて各時間に於ける温度上昇  $\theta_c$  を計算し實測の温度上昇  $\theta_m$  との比をとれば、

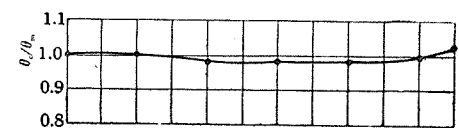
$t =$	1	2	4	6	8	10	最終
$\theta_c =$	10.5	18.3	27.4	32.5	35	36.5	38
$\theta_c/\theta_m =$	100	1.00	0.98	0.98	0.98	0.99	1.03



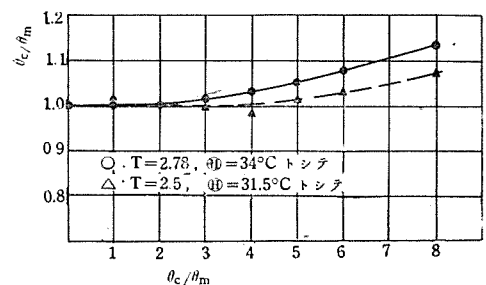
第 6 圖



第 7 圖 織鐵温度上昇曲線

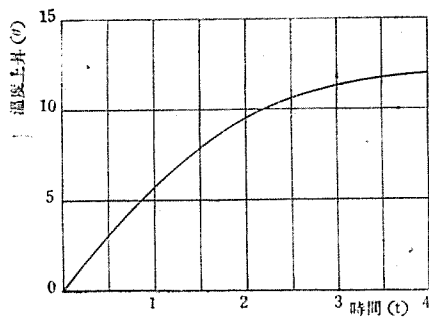


第 8 圖  $\theta_c/\theta_m$  曲線

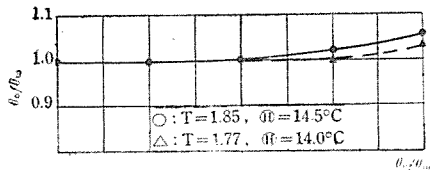


第 9 圖  $\theta_c/\theta_m$  曲線





第 10 圖 分巻線輪温度上昇曲線

第 11 圖  $\theta_c/\theta_m$  曲線

$t$  と  $\theta_c/\theta_m$  の関係を書けば第 8 圖の如し。即ちこの場合は實測の曲線が指数曲線に可成近き故に、比較的初期に近き 2 點をとりても計算値は實測値に近く、誤差の最大は 3% となる故この程度ならば實用上差支はないと考へる。

(例 2) 1H.P. 1850 r.p.m. 全閉型、連續定格、鐵鐵温度上昇 (第 3 圖)

$$\left. \begin{array}{l} t_1=1 \text{ にて, } \theta_1=10^\circ\text{C} \\ t_2=2 \text{ にて, } \theta_2=17.3^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{より } T=2.78, \theta=34^\circ\text{C}$$

これより  $\theta_c/\theta_m$  を計算すれば、

$t$	1	2	3	4	5	6	8	最終
$\theta_c$	10	17.3	22.4	25.9	28.4	29.8	31.1	34
$\theta_c/\theta_m$	1.00	1.00	1.02	1.02	1.05	1.07	1.14	1.2

この  $\theta_c/\theta_m$  を曲線に書けば第 10 圖○印の如し。

$$\left. \begin{array}{l} \text{次に } t_1=2 \text{ にて, } \theta_1=17.3^\circ\text{C} \\ t_2=3 \text{ にて, } \theta_2=22^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{より } T=2.5, \theta=31.5^\circ\text{C}$$

これより  $\theta_c/\theta_m$  を計算すれば、

$t$	1	2	3	4	5	6	8	最終
$\theta_c$	10.1	17.3	22	25	27.2	28.6	30.2	31.5
$\theta_c/\theta_m$	1.01	1.00	1.00	0.98	1.01	1.025	1.07	1.11

これを圖示すれば第 10 圖△印の如し。

即ちこの例では  $t_1=1, t_2=2$  より計算すれば最大 +20% の誤差を生ずるが、 $t_1=2, t_2=3$  より計算すれば最大誤差は +11% となる。依てこの場合は初期に近き點をとれば誤差が大きくなる事が判る。

(例 3) 3H.P. 1450 r.p.m. 連續定格、分巻線輪 温度上昇 (第 10 圖)

$$\left( \begin{array}{l} t_1=1 \text{ にて } \theta_1=6^\circ\text{C} \\ t_2=2 \text{ にて } \theta_2=9.5^\circ\text{C} \end{array} \right) \text{より } T=1.85, \theta=14.5^\circ\text{C}$$

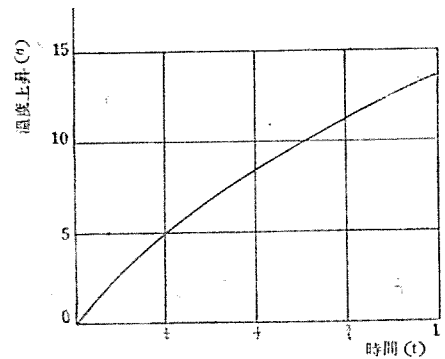
$$\text{又 } \left( \begin{array}{l} t_1=2 \text{ にて } \theta_1=9.5^\circ\text{C} \\ t_2=3 \text{ にて } \theta_2=11.4^\circ\text{C} \end{array} \right) \text{より } T=1.77, \theta=14^\circ\text{C}$$

各々に對して  $\theta_c/\theta_m$  を表にすれば第 1 表。

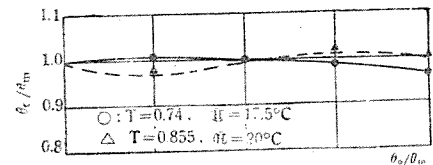
次表にて明らかな如く  $t_1=2, t_2=3$  より計算する方が

第 1 表

T 及 $\theta$	t =	1	2	3	最終	圖示
T=1.85	$\theta_c$	6	9.5	11.6	12.8	第 11 圖 ○印
$\theta=14.5$	$\theta_c/\theta_m$	1.00	1.00	1.02	1.06	
T=1.77	$\theta_c$	6.02	9.5	11.4	12.6	同上 △印
$\theta=14$	$\theta_c/\theta_m$	1.00	1.00	1.00	1.04	



第 12 圖 鐵鐵温度上昇曲線

第 13 圖  $\theta_c/\theta_m$  曲線

最大の誤差は少なり。

(例 4) 5H.P. 800 r.p.m. 全閉型、1 時間定格、鐵鐵温度上昇 (第 12 圖)

$$\left( \begin{array}{l} t_1=\frac{1}{4} \text{ にて, } \theta_1=5 \\ t_2=\frac{1}{2} \text{ にて, } \theta_2=8.5 \end{array} \right) \text{より } T=0.74, \theta=17.5^\circ\text{C}$$

$$\text{又 } \left( \begin{array}{l} t_1=\frac{1}{2} \text{ にて, } \theta_1=8.5 \\ t_2=1 \text{ にて, } \theta_2=13.5 \end{array} \right) \text{より } T=0.855, \theta=20^\circ\text{C}$$

$\theta_c/\theta_m$  を表にすれば第 2 表の如し。

第 2 表

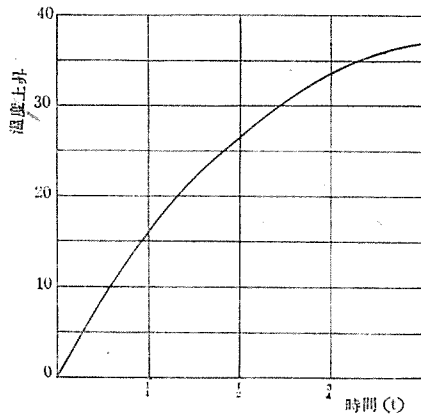
T 及 $\theta$	t	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	圖示
T=0.74	$\theta_c$	5	8.5	11.2	13.0	第 13 圖 ○印
$\theta=17.5^\circ\text{C}$	$\theta_c/\theta_m$	1.00	1.00	0.99	0.96	
T=0.855	$\theta_c$	4.8	8.5	11.4	13.5	同上 △印
$\theta=20^\circ\text{C}$	$\theta_c/\theta_m$	0.96	1.00	1.01	1.00	

(例 5) 120 H.P. 900 r.p.m. 開放型、1 時間定格、補極線輪 温度上昇 (第 14 圖)

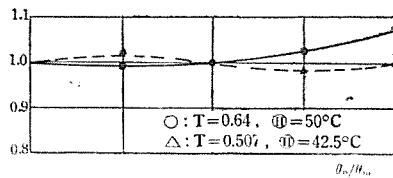
$$\left( \begin{array}{l} t_1=\frac{1}{4} \text{ にて, } \theta_1=16 \\ t_2=\frac{1}{2} \text{ にて, } \theta_2=27 \end{array} \right) \text{より } T=0.64, \theta=50^\circ\text{C}$$

$$\text{又 } \left( \begin{array}{l} t_1=\frac{1}{2} \text{ にて, } \theta_1=27 \\ t_2=1 \text{ にて, } \theta_2=37 \end{array} \right) \text{より } T=0.507, \theta=42.5^\circ\text{C}$$





第 14 圖 補極線輪溫度上昇曲線



第 15 圖  $\theta_c/\theta_m$  曲線

第 3 表

T 及 $\theta$	t	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	圖示
T=0.64 $\theta=50^\circ\text{C}$	$\theta_c$	16	27	34.5	39.5	第15圖 ○印
	$\theta_c/\theta_m$	1.00	1.00	1.03	1.07	
T=0.507 $\theta=42.5^\circ\text{C}$	$\theta_c$	16.4	27	32.8	37	同上 △印
	$\theta_c/\theta_m$	1.025	1.00	0.98	1.00	

(例 6) 25H.P. 400 r.p.m. 閉鎖通風型、1 時間定格、補極線輪 溫度上昇 (第 14 圖)

$$\left. \begin{aligned} t_1 = \frac{1}{4} \text{ にて、} \theta_1 = 12.5 \\ t_2 = \frac{1}{2} \text{ にて、} \theta_2 = 21.5 \end{aligned} \right\} \text{より } T=0.715, \theta=43^\circ\text{C}$$

$$\text{又 } \left. \begin{aligned} t_1 = \frac{1}{2} \text{ にて、} \theta_1 = 21.5 \\ t_2 = 1 \text{ にて、} \theta_2 = 30.6 \end{aligned} \right\} \text{より } T=0.57, \theta=37^\circ\text{C}$$

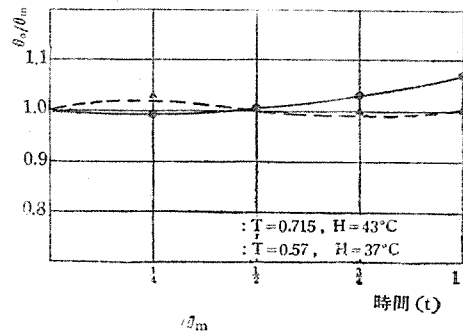
第 4 表

T 及 $\theta$	t =	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	圖示
T=0.715 $\theta=43$	$\theta_c$	12.5	21.5	28	32.4	第16圖 ○印
	$\theta_c/\theta_m$	1.00	1.00	1.04	1.06	
T=0.57 $\theta=37$	$\theta_c$	13	21.5	27	30.6	同上 △印
	$\theta_c/\theta_m$	1.04	1.00	1.01	1.00	

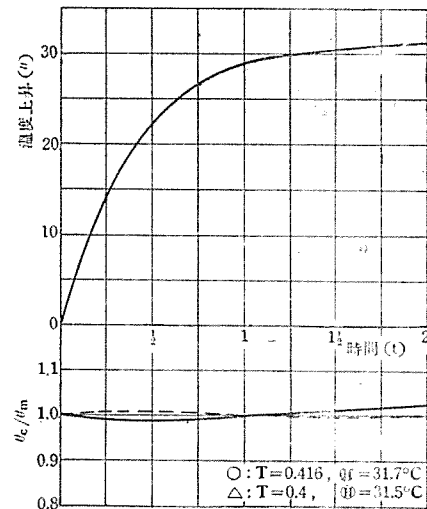
(例 7) 40 H.P. 500 r.p.m. 閉鎖通風型、2 時間定格、補極線輪 溫度上昇 (第 17 圖)

$$\left. \begin{aligned} t_1 = \frac{1}{2} \text{ にて、} \theta_1 = 22.2 \\ t_2 = \text{にて、} \theta_2 = 28.9 \end{aligned} \right\} \text{より } T=0.416, \theta=31.7^\circ\text{C}$$

$$\text{又 } \left. \begin{aligned} t_1 = 1 \text{ にて、} \theta_1 = 28.9 \\ t_2 = 2 \text{ にて、} \theta_2 = 31.3 \end{aligned} \right\} \text{より } T=0.4, \theta=31.5^\circ\text{C}$$



第 16 圖  $\theta_c/\theta_m$  曲線



第 17 圖 補極線輪溫度上昇曲線及 第 18 圖  $\theta_c/\theta_m$  曲線

第 5 表

T 及 $\theta$	t	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	圖示
T=0.416 $\theta=31.7^\circ\text{C}$	$\theta_c$	22.2	28.9	30.8	31.7	第18圖 ○印
	$\theta_c/\theta_m$	1.00	1.00	1.01	1.015	
T=0.4 $\theta=31.5^\circ\text{C}$	$\theta_c$	22.4	28.9	30.8	31.3	同上 △印
	$\theta_c/\theta_m$	1.01	1.00	1.01	1.00	

以上實例についての實測値と計算値との比より見れば、熱時常数が大にして溫度上昇が緩慢なときは溫度上昇曲線は指數曲線に近く、從つて溫度上昇の初期に近き點をとりて、これより  $T$  及  $\theta$  を求めても比較的實測値に近い値をう。然し熱時常数が小なるときは實測の溫度上昇曲線は指數曲線より可成異つて來て、初期の 2 點をとるときは +20% の誤差を生ずる事がある。從つて斯の如き場合には最終に近き點をとれば全般的に比較的實測値に近い値を得誤差は連絡定格の最終溫度にて 11% 以下、短時間定格のものにて 4% 以下となつた。

以上の推定法では溫度上昇曲線は完全なる指數曲線と考へてゐるが、實測の結果は指數曲線とならない事は上述の例にても明らかである。この指數曲線とならない理由につき考察を加へてみやう。

今理論上溫度上昇式を求むるにあたり、  
 $Q$  = 物体内に發生する熱量 Cal/sec  
 $s$  = 物体の比熱 Cal/kg°C  
 $W$  = 物体の重量 kg



$A$  = 物体表面の冷却面積  $\text{cm}^2$

$\alpha$  = 物体の熱發散係數  $\text{Cal/cm}^2\text{sec}^\circ\text{C}$

$\theta_1, \theta_0$  = 物体及周圍溫度  $^\circ\text{C}$

とし、物体の溫度  $\theta_1$  のときより  $d\theta$  時間後に溫度  $d\theta$  増加したとすれば、

$$Qdt = swd\theta + \alpha A (\theta_1 - \theta_0) dt$$

今最初の物体の溫度を  $\theta_0$ ,  $t$  秒後の溫度を  $\theta_1$  とすれば

$$\int_0^t dt = \int_{\theta_0}^{\theta_1} \frac{sw d\theta}{Q - \alpha A (\theta_1 - \theta_0)}$$

$Q, s$  及  $\alpha$  を一定とすれば

$$t = -\frac{sw}{\alpha A} \log \frac{Q - \alpha A (\theta_1 - \theta_0)}{Q}$$

$$\therefore \theta_1 - \theta_0 = \frac{Q}{\alpha A} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\frac{sw}{\alpha A}}} \right)$$

$$\begin{cases} \theta_1 - \theta_0 = \theta \\ \frac{Q}{\alpha A} = T \\ \frac{\alpha A}{sw} = T \end{cases}$$

とすれば

$$\theta = T \left( 1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)$$

となりて式 (1) の指數曲線をうる。

以上の計算では  $Q, s$  及  $\alpha$  はすべて溫度  $\theta$  には関係なく一定としてゐるが、 $\theta$  と共に變化する事が計算と實測と一致せぬ原因となるものと思はれる。

#### (1) 發熱量 $Q$ の變化

溫度上昇すれば導体の抵抗が増大する故に電流一定としても  $Q$  は  $\theta$  と共に増大する、然しこれは實測が計算より高くなる傾向を與へる。

#### (2) 比熱の $s$ 變化

銅の比熱は  $0^\circ\text{C}$  より  $100^\circ\text{C}$  の間にて約 5% 増加するが

これは熱時常數を小に 從つて實測が計算より早く上昇する傾向を與へる。

#### (3) 發散係數 $\alpha$ の變化

銅の熱傳導率は  $18^\circ\text{C}$  より  $100^\circ\text{C}$  までの間に約 1% 減少するが、綿及空氣の熱傳導率は  $0^\circ\text{C}$  より  $100^\circ\text{C}$  の間にて規約 25% 及 27.5% 増大する。從つて線輪全体として内部から表面への熱の傳導は溫度と共に増大するものと考へられる。其の他線輪表面からの對流、輻射、傳導は増大し結局  $\alpha$  は増大する。この  $\alpha$  の増大が實測が計算より低くなる結果を導くものと考へられる。尙この對流、輻射、傳導の變化が溫度上昇に及ぼす影響に關しては Edward Hughes が詳細なる説明をなしてゐる。

以上要するに  $Q, s$  の増大よりも  $\alpha$  の増大による影響が大なるため溫度上昇と共に冷却効果がよくなり、其の結果初期に近き 2 點より計算せる最終溫度上昇より、實測値が低くなり  $\theta_c/\theta_m$  は 1 より大となる場合が多い。

## V 結 言

IV に於ける検討の如く溫度が高くなれば冷却効果が大となるために、初期に近き測定値より熱時常數を推定し、それより溫度上昇を計算すれば實測値より高くなる場合が多い故、比較的長時間の測定値より熱時常數を推定する方が計算と實測とは全般的に見て近い溫度上昇曲線をうる。又本法は熱時常數を求むるのが第一の目的であるが、熱時常數が大にして溫度上昇が緩慢なときは、熱時常數と同時に比較的正確に最終溫度上昇を豫測しうる。

尙前述の測定値は工場試験に於ける測定値なる故種々不正確をまぬがれぬ點もあると思ふが設計計算に際しての便法として關係大方の何かの御參考になれば筆者の幸とする次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 大川、谷野 電氣機器の最終溫度推定法 東芝技報 21 p 123 (昭 17 年)
- (2) Edward Hughes: Determination of final temperature-rise of electrical machines from heating test of short duration. JIEE 68 p 932 (1930)

# 波型金屬空盒及び其の工作法に就て

山 田 三 郎

## 内 容 梗 概

金屬性波型空盒の工作法に就ての注意及びその順序に従つて、空盒の均一性を保つ爲めの工作方法に就て比較得失を常識的に略述した。尙特性との關係に就ては次の機會に譲る事にする。

## 1 緒 言

地上用航空用として空盒の使用せられて居る用途、形態、方法は種々様々あるが、航空機用計器關係に空盒が使用せられてより、空盒の進歩と用途の擴大は此處十數年來で特に發達著しく、又多量生産的に製作される様になつたのは數年來の航空機發達に伴つて促進せられたものである。日進月歩に止む處を知らない航空機への激烈なる要求は航空計器への要求となり直ちに空盒への要求ともなる。空盒の良否が戦闘能力を左右し航空機の性能にも影響する事は充分了解せられる處である。

而るに其の製作に當つては其の設計、工作共に困難で從來稍々もすると秘密主義に行はれたものである。設計に關しては次の機會に述べることとし、製作上困難とされてるのは空盒の特性上に於て種々な目的に使用したる場合、空盒に加へられて居る壓力を隔膜即ち空盒板が如何に正しく變移し指示するかと云ふ點に在るので、之は即ち空盒の遅れを如何に少なくするかと云ふ點に在り工作全般に亘り苦心する處である。この弾性の遅れを小にし均一性を各個に保たしめる爲め、以下に述べる材質に材料加工に、熱處理に加工製作に於て不均齊な殘留内力を生ぜしめない様注意する事が必要である。以下この空盒中の波型金屬空盒及び其の工作法に就て記述する。

## 2 空 盒 の 種 類

空盒とは或彈性隔膜の兩面に作用する壓力差に因り、膜が一方に變移する事を利用する仕掛で、其の種類には形狀より大別して三分する事が出来る。即ち

- ア、ウルドン管 (第1圖)
- イ、蛇腹空盒 (多段空盒) (第2圖)
- ウ、波型空盒 (第3圖)

隔膜の材質より區別すると金屬質、皮質、ゴム質、油質物を塗布せる絹布等種々あるが、現在航空計器關係には

溫度變化の比較的少なき點、其の他より金屬性のものが殆んど大部分使用せられて居る。以下金屬性の波型空盒に就て述べる。

## 3 波型金屬空盒の用途

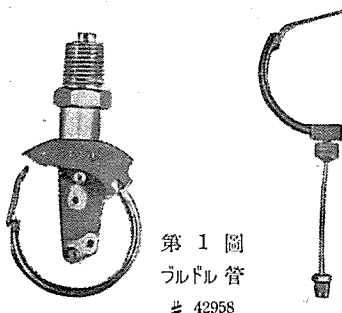
最も一般に昔より知られてゐる用途としては アネロイド氣壓計であるが、之が現在高空計器用として形狀を異にし用途としては多數に昇るが大別すると下記の二種類に分ける事が出来る。

- ア、真空空盒。空盒を密閉し空盒内を真空より數十耗迄の間に壓力を減じたるもので用途としては高度計、精密高度計、吸入壓力計、氣象探測器等に使用される。
- イ、開口空盒。空盒に口を有し、空盒内に壓力を導きて壓力變化より起る變移を利用するもの。用途としては速度計、過速度計、油量計等に使用される。

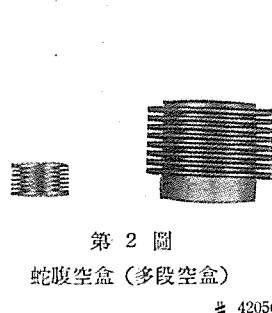
現在では上記及其の他澤山の計器に使用されて居るも將來は計器のみに止まらず、航空機の感覺機器として電氣及油壓機構との共用に依り自動操作の根元ともなるべきものと考へられ、その用途は極めて廣く要求されるものと考へられる。

## 4 形 狀 及 び 寸 法

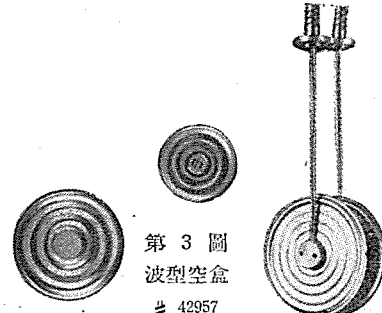
形狀は中心斷面第4圖の如き波型圓板を向合せて半田附せる筈で、圓徑は用途に依り異なるも30耗~80耗位で板厚も0.08耗~0.3耗程度の範圍のものが多く使用されて居る。波型に就ては第5圖に示す如く實に種々雜多にして、又第5圖(イ)の如く波型全体の中康線を考へた時、圖で點線で示せる如く、平型凸型凹型の三種類の型があり、同一寸法材質の空盒に於てもこの型狀に依り同一壓力に對す變位は變つて來て、特性にも變化を及ぼすのである。以上は種々の用途に依り設計し波型を變へて製作



第 1 圖  
ウルドン管  
# 42958



第 2 圖  
蛇腹空盒 (多段空盒)  
# 42056



第 3 圖  
波型空盒  
# 42957



するので、圖に見る如く第一の波の半分だけのもの、第一波第二、第三波のあるもの等、又第6圖の第1波の構成法は特性に影響する事大にして

ア、空盒直径と板厚

イ、 $\alpha$ 角及 $r$ の大きさ

ウ、 $H$ 及 $h_1, h_2$ の大きさ

等の三點は設計上特性を左右する事大である。 $r, \alpha, \beta, h_1$ の大きなものは工作上半田附に依る均一性は得易きも其の他 $H, h_2$ の大小と共に特性に種々直接に影響するのであるが、之に就ては次の機会に譲る事とする。

## 5 材 質

材質として磷青銅、洋銀が最も多く使用されてゐるが、硬引真鍮、モネルメタル等も使用されてゐる。最近ではNiの節約より洋銀も殆んど磷青銅に置き換へられつつある。成分としては磷青銅の錫の多いものを使用し $\alpha$ 相のものである。

	Sn	P	Cu
普通使用のもの	8%	0.05%	残 部
ト 211	5~8%	$P < 0.6\%$	"
ト 311	7~8%	$P < 0.3\%$	"

洋銀としては下記の如きものを使用す。

Ni	Zn	Cu	其の他
17~19%	42~28%	残 部	< 0.5

Niを節約したもの

Ni	Al	Si	Cu
8%	4%	1.5%	残 部

以上成分に依り空盒の特性に影響を及ぼす事多々あるも下述する材料の鑄込より壓延仕上げの処理方法即ち空盒工作法がより以上影響すると云つても過言ではない。

## 6 工 作 法

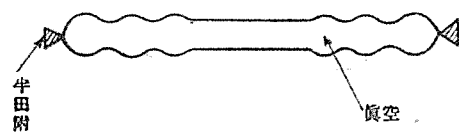
空盒の工作は上述の如く壓延作業より空盒完成迄一貫作業を決めて行ふ事が最も大切である。加工法の順序としては大体下記3種類に分けられる。

ア	a	壓延作業	イ	a	壓延作業	ウ	a	壓延作業
	b	外徑拔		b	外徑拔		b	外徑拔
	c	熱處理		c	厚味調整		c	熱處理
	d	二厚味調整		d	波型成型		d	厚味調整
	e	波型成型		e	半田附		e	波型成型
	f	半田付		f	真空引		f	粘し
	g	真空引		同時に行ふ事あり			g	半田附
	h	粘し		h	真空引		h	真空引
							i	粘し

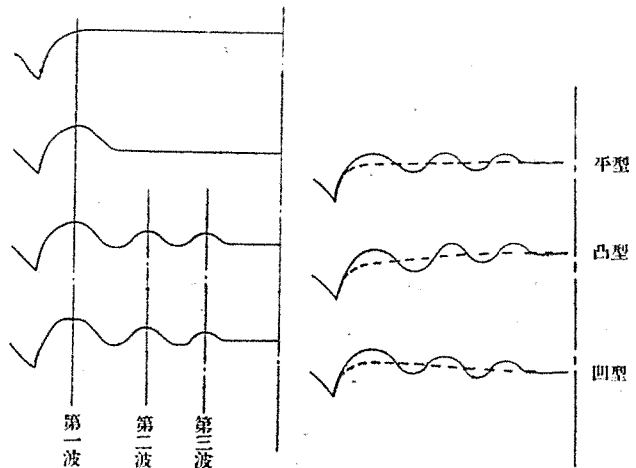
(ア) 及び (イ) は使用する磷青銅の種類に依り夫々採用される方法にして (ウ) は洋銀等粘し温度の高い材質に使用される方法である。

### (a) 壓 延 作 業

壓延は出来るだけ精密に行ふ事で板の大きさにも依るが約100耗×250耗角にて±0.005耗位の公差にて壓延し

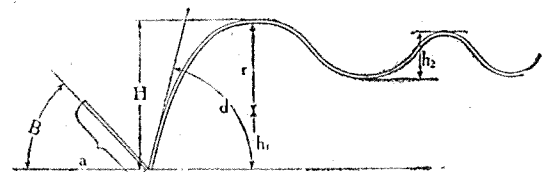


第4圖 波型金屬空盒中心断面



第5圖 (ア)

第5圖 (イ)



第6圖

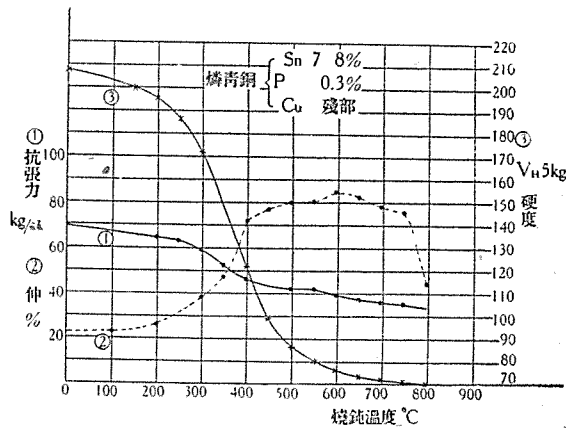
ロールの方向は縦横交互に通し、裏表を返して注意する。0.2 耗厚以下の中間焼鈍に際しては特に酸化膜に注意する必要あり、仕上寸法に達する壓延度はそれ以後の工作及び特性に大なる影響あり、一般には所要厚味の7/6のときに焼鈍して後に所要寸法に仕上げると良いと云はれて居るが、仕上寸法は+側に即ち厚味に仕上げた方が後の工作に樂である。又壓延加工度を注意しながら正寸に完成せしめ其の後下記熱処理を施して調質後加工する場合もある。

### (b) 外 徑 抜

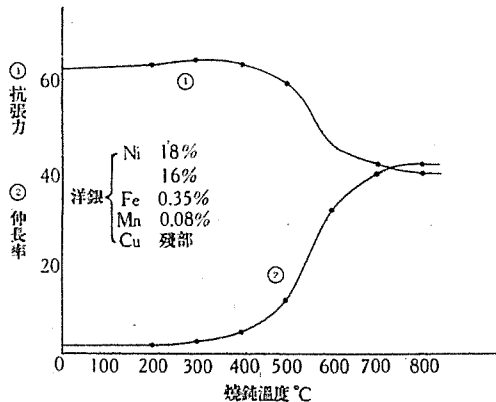
上記壓延作業の完成せる板より空盒波型紋後の外徑寸法に成る様見込んだ板取の圓徑をプレス 抜する作業である。ブランクの圓周に返りの出ない様注意する。

### (c) 熱 處 理

(a) の壓延作業と關聯し熱処理作業が必要となるのであるが材料が他工場で仕上げられて入荷した場合即ち(a)の如き理想的加工度で無く、加工度が既に高く寸法が規定に成つて居る様な場合には、適當な弾性を得る爲めと板の部分的な内部歪を取り去るために低温加熱による材料の熱処理調質が必要となる。勿論熱処理温度は加工度材料成分に依り異なるは勿論であるが、磷青銅の機械的性質と熱処理温度とは第7圖の如く成り、銅、黄銅等より軟化温度が一般に昇つて居る。熱処理前の加工度に依り異なるが0.2耗~0.3耗厚位の板では約40分~1時間にて熱処理が行はれ、圖で見ると如く300°C~450°Cの間で急激に硬度の變化が起つて居る點、過熱しない様注



第 7 圖 熱 處 理 作 業



第 8 圖 洋銀熱處理温度と機械的性質

意する要があり、洋銀の熱處理温度と機械的性質との關係は第 8 圖の如くなり Ni 量に因り多きものは少なきものに比し軟化温度高く、大略 450°C ~ 650°C の間に於ては、急激な硬度變化を起す故注意を要する。以上、熱處理時には マツフル 法又は流氣式法等にて空盒板に甚しく酸化膜が附かない様に注意する事が大切である。乍ら僅かの酸化膜は少し附ける事により半田附の際に餘分の處に半田が廻るのを防止する効果がある。

熱處理の程度決定には下記の如く硬度測定の方法と一定氣體壓力を加へる事に依る變移量の測定方法とに依ると都合が良い。

#### (i) 硬度測定に依る方法

1 kg 荷重に依る ビッカース 硬度に依る硬度數の讀より適當な彈性範圍を決定する。0.2 ~ 0.3 耗板厚のものは  $V_H$  140 ~  $V_H$  200 位の範圍にて用途に依り調整する。

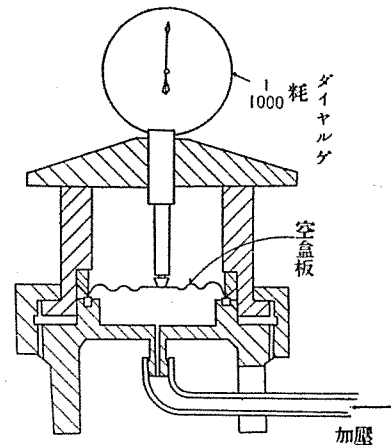
#### (ii) 一定加壓に依る變移を測定する方法

上記 ビッカース 硬度の測定は銅合金等の 0.2 耗厚以下のときは、注意しないと正確な硬度を測り難き爲め、空盒板全面に靜的氣體壓力を加へたときの變移量に依り、比較彈性度を測り適當な彈性範圍を決定する方法である。

本法は第 9 圖の如き構造にして下部より氣體に依り加壓するもので、之は波型に出來上りたる空盒板の良否決定の検査器具として使用する事も出來、又加壓に依る枯しを行ふ事も出来る故便利である。

#### (d) 厚 味 調 整

均一なる特性の空盒を得る爲めに板厚を同一に揃へる作業にして厚味測定にては正確に敏速に多數を測定しにくい爲め一定外徑寸法に抜きたる グラック の重量に依り



第 9 圖

て板厚を均一にするのである。先づ上記外徑抜したる板を重量測定して、約 0.05 瓦飛びに重量別に區別する。分けた物を弱酸にて腐蝕して重量を揃へる腐蝕液としては、下記の物を使用し一定の重量調整は弱酸へ浸す時間を秒數にて豫て測定し置き重量を秒數で調整する。

磷青銅板には	$H_2SO_4$	200 cc
	$HNO_3$	100 cc
	$NaCl$	1 瓦
洋銀板には	$H_2SO_4$	100 cc
	$NH$	100 cc
	$NaCl$	1 瓦

を用ひ之に水を適當に入れて腐蝕の度合を加減し調整する事が便利である。

#### (e) 波 型 成 型

波型空盒板の成型には勿論 プレス を使用するのであるが、プレス 機械としては油壓 プレス を使用し加壓力を決定して加工するのが最良と考へる。フリクション プレス、クランク プレス 等にも 出來ない事は無いが 能率を上げて行くには油壓 プレス に及ばない。

成型方法としては種々あるが凡そ 5 種に區別する事が出来る。

(i) 仕上り波形と同じ雌雄型を作り上下より全面的に一度に加壓し絞り上げる方法である。

(ii) 雄型は仕上り波型とし一個のもので雌型は第一波と、外周の一体の輪型と第二第三以内の型の二つに分かれて居り、上下絞りのときに先づ外周と第一波とを押へ、絞りが初まつてから中心部の雌型が接觸し後絞りを行ふ二段式絞型の方法で、外周及び第一波の型は雌雄が板を全面密着せしめ第二、第三及中心部の成型は第 10 圖の如く山と山との押合ひに依り波型を作る式である。

(iii) 雌型又は雄型のみを作り小さい ローラー 及び へらにて板を型に押作らスピニングの様に成形する方法。

(iv) 雄型のみを作り鉛又は其の他軟かい金屬に押付けて雌型を作り加壓して絞り出す方法。

(v) 雄型のみを作りゴムに押付けて成形する方法。

上記を比較すると夫々一長一短あるが (i) は多量生産に移つたときは是非必要な方法で良いと思ふが雌雄の型の製作を十分注意して作らないと部分的加工歪を起す事が考へられる。此の方法は波型を變化する事の出來ない決定的なもので研究的に押すには不向である、(ii) の方法は外周と第一波及第二波以内の型とが分かれて居る



爲め研究的に波型を變化して見る事が出来又多量生産的にも使用する事が出来る故非常に便利である。(iii)の方法は型の製作は簡単で空盒板の弾性の調整は樂に出来るが部分的歪を起し、空盒個々の均一性を保ち難い缺點あり良法とは考へられない。(iv)の方法も型の製作は容易なるも軟金屬の雌型の保持が困難にして多量生産には適しない。乍ら少量の製作には使用出来ない事も無いが、雌型の製作は思つたより困難で正確を期し難い。(v)の方法は現在流行のゲーリングプロセスと同様にして非常に型の製作は簡単であるが、加工度の均一性が保ち難いのと小量のときは良いが、多量生産的にはゴムが損傷して加工された空盒板の加工度が均一に得られないから感心しない。

上記の如く夫々特長はあるが、中量生産以上のときは1及2の方法が型の製作は比較的面倒乍ら實際には良いと云へる。他の方法は少量のときに又は急ぎのときには非常に手軽に成型する事が出来る。尙上記何の方法にしても型の取付の上下平行に注意しながら板を120°位宛廻して3回押を行ふ事が必要である。

#### (f) 半田附

半田附は空盒製作上他作業と共に注意を要し、又大切な作業にして、之の良否に依り空盒を良不良にする尙機械的に用途に耐へる事並に氣密保持の上からも、半田は良質の均齊成分のものを使用する事と豫備半田を十分注意する事が大切にして、又第6圖のaの部分のみに半田附して他には餘分に半田が廻らない様注意する事勿論である。尙又半田附の加熱時に空盒板への部分的加熱及過熱を避ける事が大切にして、空盒板へ熱的、機械的歪を起させぬ爲に空盒夫々に適當なる半田附工具を研究し歪なく半田附する事が大切である。開口空盒に於ては比較的豫備半田は容易なるも眞空空盒に於ては後述する眞空中に於ける半田附の爲め、豫備半田を十分注意して行ふ必要がある。

#### (g) 眞空引

眞空空盒の用途及種類に依り種々方法は考へられるが大體次の種類に大別する事が出来る。

- (i) 大氣中にて空盒より眞空引口を使用して眞空引を行ふ方法。
- (ii) 眞空中に於て眞空引口を使用せず半田附を行ふ方法。
  - (1) 眞空中に於て加壓力に依り半田附を行ふ方法。
  - (2) " 電熱利用に依り "

上記方法は勿論用途に依り撰擇さるべきであり又空盒内の眞空度の程度に依り考へらるべきである。従來は(1)の方法が行はれて居たが、之に對しては眞空引後口の半田附作業に注意する事が大切であり、又數耗の眞空度の高き製品に對しては空盒内の異物、油氣濕氣の如きものの混入を極度に嫌ふ故一度出来るだけ眞空度を高め、ガイスレル管にて眞空測定し其の後に於て乾燥せる清淨なる空氣を流入せしめて規定の眞空度迄上げる事が必要である。(ii)(1)の方法は半田付せんとする空盒板を夫々豫備半田附し、圓周の2ヶ所又は3ヶ所半田付をしない部分を作つて置く。この空盒と板とを交互に重ね上より發條で加壓して置き全体を眞空引出来る筐の中に入れて筐内を規定の眞空にし筐全体を加熱すると半田が熔解し、發條の力に依り向合ひたる空盒板が上からの力に依り押されて半田付が行はれ、其の儘急に筐共冷却する

と眞空引が行はれる。(ii)(2)の方法は硝子器中に豫備半田付したる空盒を入れ半田付してない。(2)の部分に電熱の接點を附して置いて眞空引を行ひ、規定の眞空度に達したるときに電流を通して接點を熱せしめ半田付作業を終了するのである。

(ii)の方法は特殊装置を作る必要あるが普通の眞空空盒では多量生産的には(ii)の(1)(2)何れかを撰ぶ事が得策である。

#### (h) 枯し

空盒板及び空盒の材料的、機械的歪を取り去る爲めに行ふのであるが4種類の方法がある。

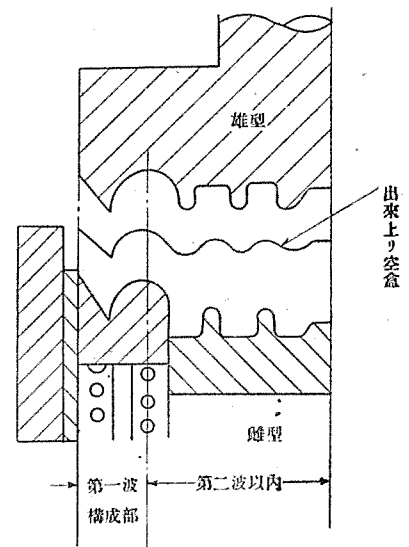
- (i) 加熱に依る方法
- (ii) 加壓を繰返して行ふ方法
- (iii) 上記(1)及(2)を共に行ふ方法
- (iv) 自然枯しの方法(長期貯蔵)

實際に廣く採用されるのは(i)及び(iii)の方法である。(i)の加熱に依る方法は低温にて加熱時間長き程結果は良いのであるが多量生産的には比較的高温で短かく行ふ。燐青銅の場合100°Cにて15時間~20時間を要するが、之を150°Cに上げて30分より1時間加熱して時間の短縮を計り、又煮沸液中にて10時間放置する方法で時間の短縮が行はれて居る。洋銀板に於ては波型成型後板を400°C~500°Cに於て30分~1時間加熱し、其の後半田付してから後に煮沸液に於て數時間加熱し枯し作業を終了する。本作業終了に依り空盒としては工作を終るのであるが、出来た空盒が所要の特性に合致するか試験をして後、完成と云ふ事になる。尙實際には新しい材料が入つて工作法を行ひ、部品として多數作る場合には上記以外に上記工作法を充分注意し乍ら、各壓延入荷等の荷作り毎に引拔に材料を探つて試験製作を行ひ出来上り製品を實際に使用して見て、尙不良の場合には波型及び上記工作法等を吟味して、其の目的に合致すべく研究する必要がある。

## 7 結 言

以上概略現状を記述したが諸方面の諸兄に多少なりとも御参考になれば幸甚にして、空盒の工作が上述せる如く製品の各個の特性の均一性と遅れの少なき事に至目的があるので、之の點上記が決して最良とは云ひ難く他に良法なり、改良すべき點も多々あると信するので諸先輩の御批判を乞ふ次第である。

日毎に航空決戦の激化される今日、一日でも早く良品を1個でも多く生産を増すべく吾々は努力して行き度いと願つて居る。



第10圖

# 極數變換電動機による速度制御の實驗に就て

織 本 照 雄

## 内 容 梗 概

籠形誘導電動機の圓滑なる速度制御法として、昭和 17 年 3 月逓信省電氣試驗所より極數變換電動機の組合せによる方法が發表せられたので、同方法を實驗して見た結果を報告し、① 制御法 ② 普通籠形による場合の考察 ③ 高抵抗型二次特性を有する場合の實驗結果を記す。

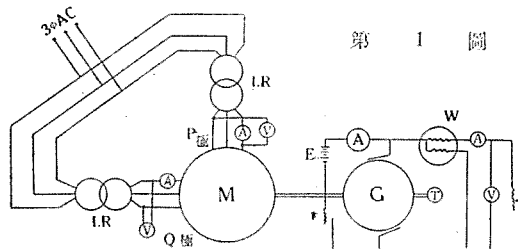
### 1. 緒 言

籠形誘導電動機速度制御法としては極數變換による多段速度法が實用せられて居るのみで、圓滑なる速度制御を行ふことは電源周波數及電壓を變化せしむる必要上經濟的に簡易に行ふ事が出來ず、從て不可能とせられて居た。然るに逓信省電氣試驗所第 6 部宮本博士等は極數變換電動機による籠形誘導電動機の圓滑なる速度制御を提唱せられ、其の實驗結果を昨年春の同所彙報（第 6 卷 3 號）に發表されて居る。

以下當所にて同法を實驗せる結果を報告する。

### 2. 制御法及電動機特性

極數變換電動機による籠形誘導電動機の圓滑なる速度制御法は極數の異なる 2 組の固定子巻線を有する電動機に於て兩巻線を同一電源に接続し同方向の回轉磁界を作り任意のその一方、又は兩方に適當なる電壓變化裝置を介して任意電壓を印加する事により可變速度運轉を行はんとするもので、其一例を示せば第 1 圖の如き回路結線となる。



第 1 圖

本實驗に使用せる電動機は次の第 1 表の如き特性を有する定回轉力 4 段速度電動機である。

第 1 表 220V 60 ㎐ アルミニウム 鑄込普通籠形回轉子

極	出力 HP	最大回 轉力%	起動回 轉力%	力率 %	能率 %	1 次電 流 A	滑り %	結線
4	1.5	606	340	76.2	75.3	5.12	1.7	Y//
6	1.0	563	355	62.4	72.8	4.31	1.7	Y//
8	0.70	831	560	34.5	58.9	7.24	1.6	△
12	0.5	703	612	33.8	47.8	6.06	3.3	△

### 3. 考察及實驗値

本法は P, Q 兩極を同時に勵磁せしめて、同一方向に回轉磁界を生ぜしめるものであるから P>Q の場合、Q 極側は電動機となり、P 極側は發電機となり、恰も

誘導電動發電機の如き状態にて、電動機側入力と發電機側出力の差を以て、負荷を運轉する如き状態となり P 及び負荷 Q 極の速度回轉力曲線の組合せを求むる事によ特性を考察する事が出来る。

今無負荷状態に於ける P 極側電壓、Q 極側電壓の變化と速度との關係を求めて見る事とす。

(i) P=6 Q=4 の場合 (50~200V)

電動機の回轉力の式は公知の如く

$$T = \frac{m_0 E_0^2 s r_1 P}{9.8 \times 4\pi f \{(r_1 + s r_0)^2 + s^2 (x_1 + x_0)^2\}} \text{ kgm}^{-1}$$

今接尾字 4 は 4 極側を、6 は 6 極側を表はすものとすれば、

$$4 \text{ 極: } T_4 = \frac{m_0 E_{04}^2 s r_{14} 4}{9.8 \times 4\pi f \{(r_{14} + s r_{04})^2 + s^2 (x_{14} + x_{04})^2\}} \dots\dots\dots (1)$$

$$6 \text{ 極: } T_6 = \frac{m_0 E_{06}^2 s r_{16} 6}{9.8 \times 4\pi f \{(r_{16} + s r_{06})^2 + s^2 (x_{16} + x_{06})^2\}} \dots\dots\dots (2)$$

(1) 式の S と (2) 式の S は同一回轉數を表はさぬから 6 極の S を 4 極側に換算して S' とすれば

$$S' = 1.5S - 0.5 \dots\dots\dots (3)$$

(3) 式の S' の値を (2) 式の S に置換へれば  $T_4 = -T_6$  の時の S を以て回轉する事になる。今 4 極側 200V 50~6 極側 50~E<sub>0</sub> の時の速度を兩機の回路定數を代入して求めて見ると

$$(328 + 0.0159 E_0^2) S^3 - (164 + 0.00192 E_0^2) S^2 + (25.21 - 0.000443 E_0^2) S - 0.0002275 E_0^2 = 0 \dots\dots (4)$$

(4) 式に見る如く任意の E<sub>0</sub> に對し S の 3 次方程式となり一般解を求むる事が出來ず、其の曲線も極めて複雑なものとなる。(第 5 圖参照)

今 4 極側に 200V 50 ㎐ を與へ、6 極側の電壓 E<sub>0</sub> を變化せしめた場合の速度回轉力曲線を逐次求めて見る事とす

4 極速度回轉力

$$m_0 = 3 \quad E_0 = 200 \text{ (115.4Y)} \quad f = 50 \quad P = 4 \\ r_0 = 1.12\Omega \quad r_1 = 0.451\Omega \quad x_0 = 1.54\Omega \\ x_1 = 0.333\Omega$$

第 2 表

S	0.05	0.10	0.20	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
T kgm <sup>-1</sup>	2.20	3.34	3.93	3.76	3.43	3.09	2.78	2.53	2.31	2.11	1.96



## 6 極速度回轉力

$$m_0 = 3 \quad f = 50 \quad P = 6 \quad E_0 = \text{可變}$$

$$r_0 = 2.01\Omega \quad r_1 = 0.764\Omega \quad x_0 = 2.39\Omega \quad x_1 = 0.51\Omega$$

以上の第 2 表及第 3 表を曲線にすれば第 2 圖第 3 圖及第 4 圖の如く表はされ回轉數 1000 以上に於て 6 極の制動(發電)回轉力と 4 極の回轉力の等しくなる點に於て電動機は回轉する事になる。

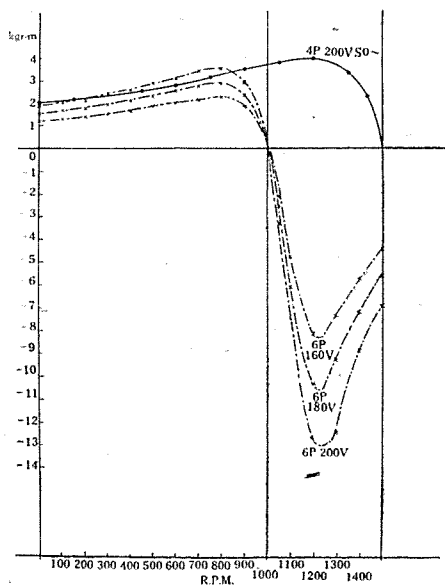
即ち第 3 圖に於て 6 極側 140 V にては A 點(1110 回轉) 120 V にては B 點(1140 回轉)にて一定速度となる。更に第 4 圖の場合には 100 V にて C 點(1140 回轉)にて安定速度となる。

以上の計算値を實測値第 4 表及第 5 圖と比較すると大體一致するが 6 極側電壓が小さくなると風損及摩擦損の影響及 6 極側の勵磁サセプタンス及コンダクタンスの變化と更に高調波による逆回轉力の發生等により實測値とやゝ

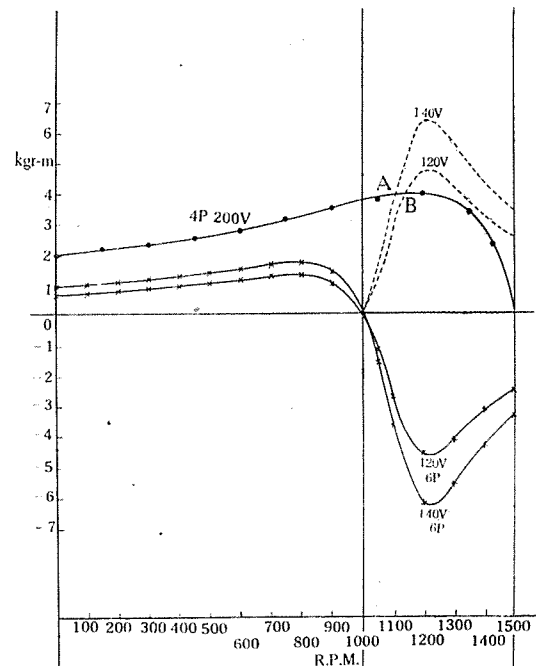
異つて来る。

更に第(4)式の  $S$  の値を夫々代入して 6 極の制御電壓と回轉數の關係を求めて見ると第 6 圖の A 曲線の如くなり實測値は B 曲線の如くなる。A 曲線の X 及 B 曲線の Y の部分が非常に異なるが第 2~4 圖の速度回轉力曲線に於て 6 極の最大制動力の値が 6 極の回轉力値に近づいた時回轉は不安定となり、更に風損及摩擦損による負の回轉力及 6 極側の勵磁回路定數の變化から實測の曲線の如きものとなるものと思はれる。

更に第 6 圖の曲線を解折して見ると  $E_0$  は  $S$  函の數として  $E_0$  に就いての關係式は



第 2 圖



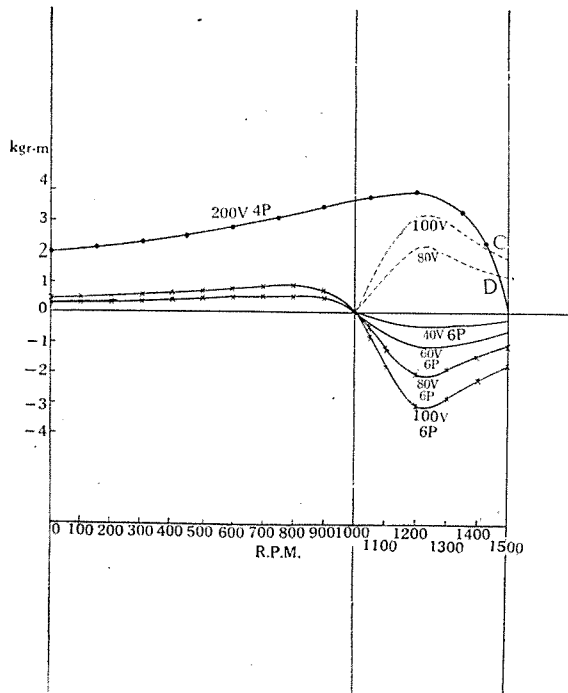
第 3 圖

$E_0$	$T$	$S$															
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
200	kg-m	2.94	3.51	3.42	3.14	2.86	2.58	2.365	2.17	2.00	1.85	3.23	7.45	12.76	11.42	8.86	6.82
180	//	2.39	2.85	2.78	2.55	2.32	2.10	1.92	1.76	1.62	1.50	2.54	6.05	10.35	9.27	7.2	5.54
160	//	1.88	2.24	2.19	2.01	1.83	1.65	1.51	1.39	1.28	1.18	2.06	4.76	8.15	7.3	5.66	4.36
140	//	1.44	1.72	2.18	1.54	1.40	1.264	1.16	1.063	0.98	0.906	1.585	3.66	6.26	5.6	4.34	3.34
120	//	1.058	1.262	1.23	1.13	1.03	0.927	0.852	0.78	0.72	0.666	1.16	2.68	4.59	4.11	3.18	2.45
115	//	0.735	0.877	0.855	0.785	0.715	0.645	0.592	0.542	0.500	0.462	0.807	1.86	3.19	2.85	2.21	1.705
100	//	0.471	0.562	0.547	0.502	0.458	0.413	0.378	0.348	0.32	0.296	0.517	1.19	2.04	1.83	1.42	1.09
80	//	0.264	0.316	0.308	0.282	0.257	0.232	0.213	0.195	0.180	0.167	0.291	0.67	1.148	1.028	0.997	0.614
40	//	0.118	0.14	0.137	0.126	0.114	0.103	0.0945	0.0868	0.08	0.074	0.129	0.298	0.51	0.456	0.354	0.273

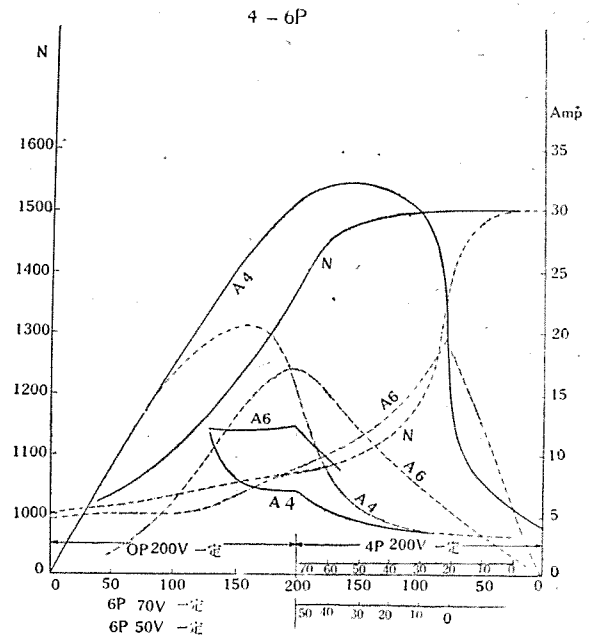
實測値

第 4 表

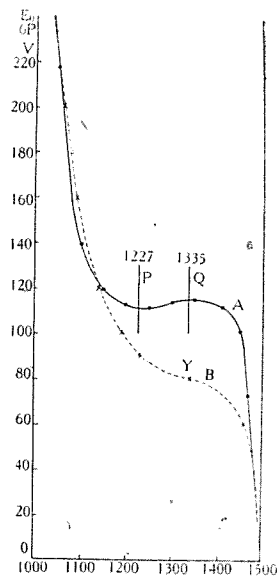
4 極 50 $\sim$		6 極 50 $\sim$		
V	A	V	A	N
200	4.00	0	0	1500
//	7.0	40	9.4	1490
//	9.0	60	15.0	1460
//	22.0	80	19.6	1330
//	28.5	90	17.7	1230
//	30.0	100	15.8	1190
//	31.3	120	13.4	1140
//	32	160	10.6	1090
//	32	180	9.7	1080
//	32	200	9.0	1060



第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖

$$E_0 = \sqrt{\frac{328S^3 - 164S^2 + 25.21S}{(0.0002275 + 0.000443S + 0.00192S^2 - 0.0159S^3)}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

(5) 式を  $S$  に就て微分して

$$\begin{aligned} \frac{dE_0}{dS} &= \frac{1}{2\sqrt{\frac{328S^3 - 164S^2 + 25.21S}{(0.0002275 + 0.000443S + 0.00192S^2 - 0.0159S^3)}}} \\ &\times \frac{(3 \times 328S^2 - 2 \times 164S + 25.21)(0.0002275 + 0.000443S + 0.00192S^2 - 0.0159S^3)}{(0.0002275 + 0.000443S + 0.00192S^2 - 0.0159S^3)^2} \\ &- \frac{(328S^3 - 164S^2 + 25.21S)(0.000443 + 2 \times 0.00192S - 3 \times 0.0159S^2)}{(0.0002275 + 0.000443S + 0.00192S^2 - 0.0159S^3)^2} \quad \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

(6) 式  $= 0$  と置けば分母  $\neq 0$  分子  $= 0$  となり (6) 式の分子を簡単にすれば

$$-1.98S^4 + 1.092S^3 + 0.1029S^2 - 0.0746S + 0.00573 = 0 \quad \dots\dots\dots(7)$$

(7) 式の  $S$  に夫々数値に代入して曲線の變化を求むれ

ば、

S	0.03	0.1	0.11	0.12	0.16	0.18	0.182	0.19	0.25	0.3
f'(S)	+	+	0	-	-	-	0	+	+	+
f(S)	増	増		減	減	減		増	増	増

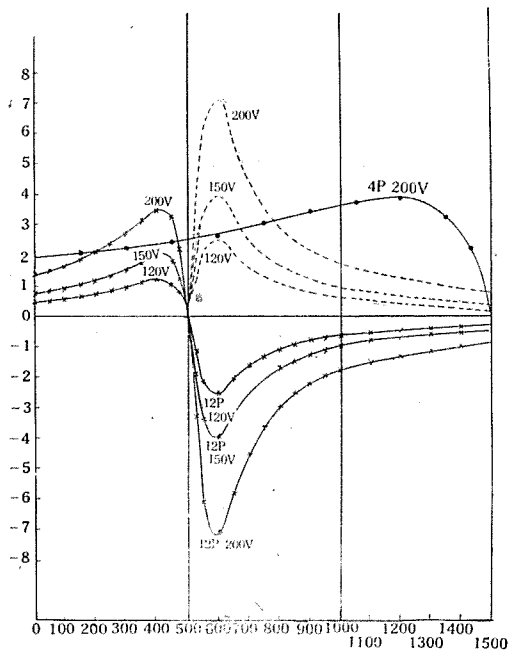


$E_0$	$T$	$S\%$										
		0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
200	kg $\cdot$ m	2.26	3.32	3.59	3.19	2.76	2.40	2.12	1.89	1.69	1.54	1.40
150	//	1.267	1.86	2.01	1.79	1.55	1.344	1.188	1.06	0.946	0.862	0.784
120	//	0.814	1.16	1.293	1.15	0.993	0.864	0.764	0.68	0.609	0.555	0.504

第 5 表 (ア)

$E_0$	$T$	$S\%$															
		0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
200	kg $\cdot$ m	3.29	6.07	7.06	5.8	4.46	3.6	2.99	2.54	2.2	1.95	1.74	1.43	1.22	1.062	0.94	0.84
150	//	1.84	3.4	3.95	3.25	2.5	2.02	1.674	1.42	1.23	1.08	0.974	0.80	0.684	0.598	0.526	0.47
120	//	1.185	2.19	2.54	2.09	1.6	1.296	1.077	0.914	0.792	0.702	0.626	0.515	0.44	0.382	0.338	0.302

第 5 表 (イ)

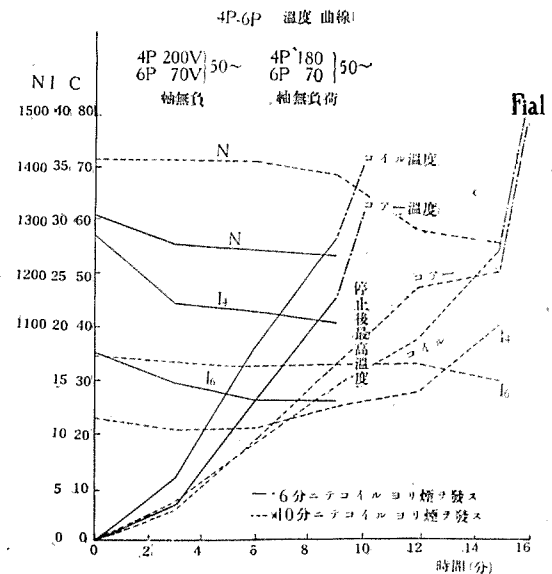


第 7 圖

即ち第 6 圖の曲線は 1500 回轉より 1335 回轉まで増加 1335 回轉に於て横軸に平行 1335 回轉より 1227 回轉まで、減少 1227 回轉に於て再び横軸に平行となり 1227 回轉以下 1000 迄増加となり 1000 回轉近くに於て縦軸に漸近線となる。

故に此の 4:6 の組合せに於て實驗電動機の如き回路定数を持つ場合には 1335 回轉より 1227 回轉の間の運轉状態は極めて不安定にして極大又は極小値を取る場合 2 つ、それ以外の場合には 3 つの點に於て  $E_0$  の同一値に對して運轉が出来る事になる。此の事は 4 極、6 極の速度回轉力曲線からも分る。

以上の種々の回轉數に於ける 4 極及 6 極の電流値は滑りの多い状態にて過負荷した如き状態となり、第 4 表第 5 圖等に見る如く定格電流値に對し極めて大なる値となる。



第 8 圖

第 6 表

	4 極側		6 極側		溫 度 上 昇 °C								室內 溫度
時間	V	A	V	A	ω	線輪	鐵心	杵	排氣	負荷側	反對側		
0	200	11.3	70	17.2	50	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	
3	//	10.5	//	16.6	//	34.5	33.0	30.0	36.5	28.0	30.0	//	
6	//	10.7	//	16.2	//	45.5	46.0	38.0	43.0	29.5	31.5	//	
9	//	12.4	//	16.3	//	56.0	60.5	47.5	49.0	31.0	33.0	//	
12	//	13.7	//	16.25	//	66.0	74.5	58.0	55.5	33.0	35.0	//	
15	//	20.0	//	14.8	//	81.5	77.0	69.0	66.0	35.0	37.0	//	
停止後最高						10.6	10.4	76.0					27.5

(ii)  $P=12$   $Q=4$  の場合

$Q=4$  の速度回轉力曲線は (i) の場合と同じ

$P=12$  の速度回轉力曲線

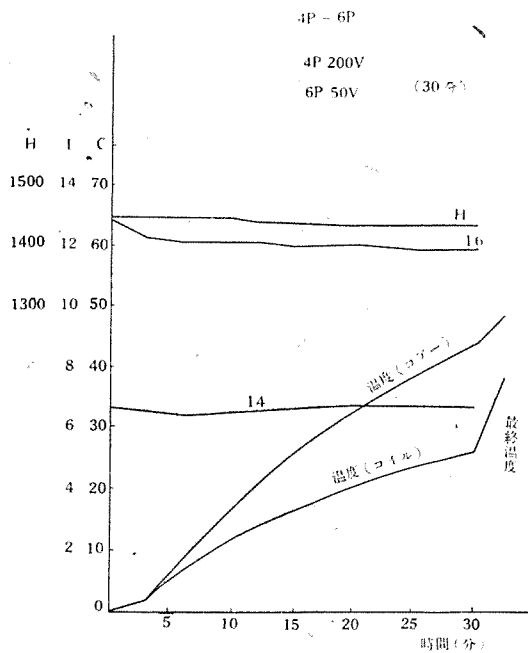
$m_0=3$   $f=50$   $P=12$   $E_0=\text{可變}$

$r_0=8.04\Omega$   $r_1=4.0\Omega$   $x_0=18.6\Omega$   $x_1=4.0\Omega$

第 5 表の結果を曲線で表はせば第 7 圖の如くなる。此

第 7 表

	4 極側		6 極側		溫 度 上 昇 °C							室內 溫度
時間	V	A	V	A	α	N	線輪	鐵心	枠	排氣		
0	200	6.7	50	12.9	50	1450	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	
3	//	6.6	//	12.4	//	//	33.0	33.0	31.5	34.5	//	
6	//	6.5	//	12.2	//	//	38.0	39.0	35.5	37.5	//	
9	//	6.55	//	12.2	//	//	42.0	46.0	39.5	40.5	//	
12	//	6.65	//	12.2	//	1445	45.0	52.0	44.5	43.0	//	
15	//	6.7	//	12.1	//	//	47.5	57.0	48.5	45.5	//	
20	//	6.8	//	12.1	//	1440	52.0	64.0	55.0	48.0	//	
25	//	6.75	//	12.0	//	//	55.0	70.0	60.0	50.0	//	
30	//	6.8	//	12.0	//	//	57.5	75.0	63.0	53.0	//	
停止後最高							70.0	80.0	68.0		31.0	



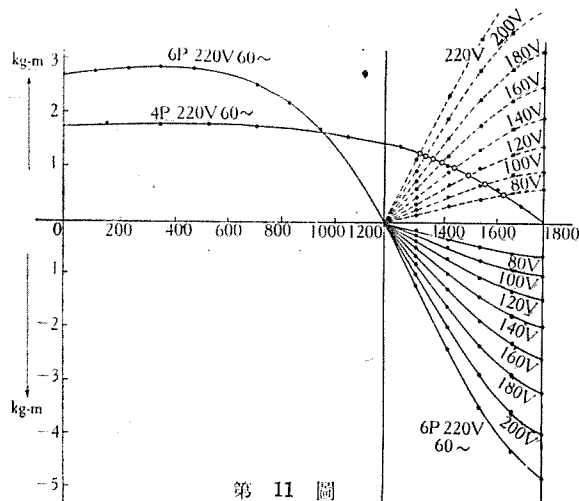
第 9 圖

の場合には速度制御の範囲 500~800 は回転と 1450~1500 回転の間の極めて小範囲に限られ 500~800 回転の速度制御も甚だ不安定なものとなる。

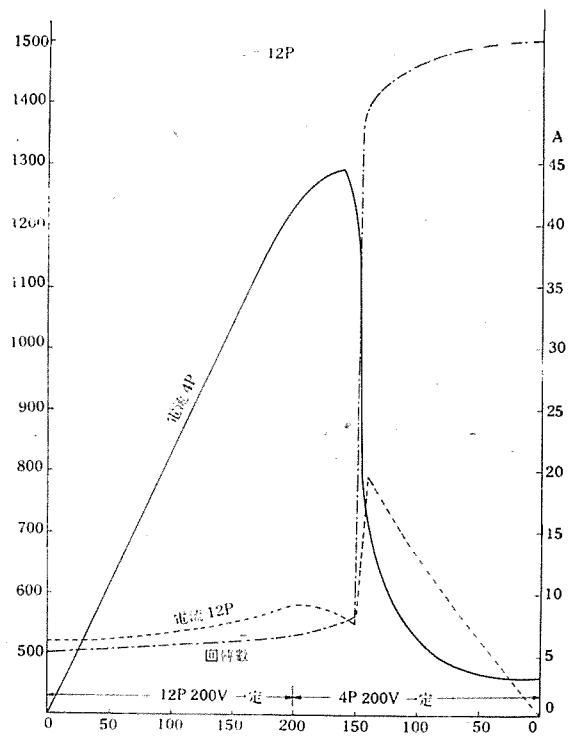
其の實測値を示せば第 10 圖の如くなる。

(iii) 温度上昇及電流値

實測値を示せば第 6 表、第 7 表、第 8 圖、第 9 圖の如くなる。



第 11 圖

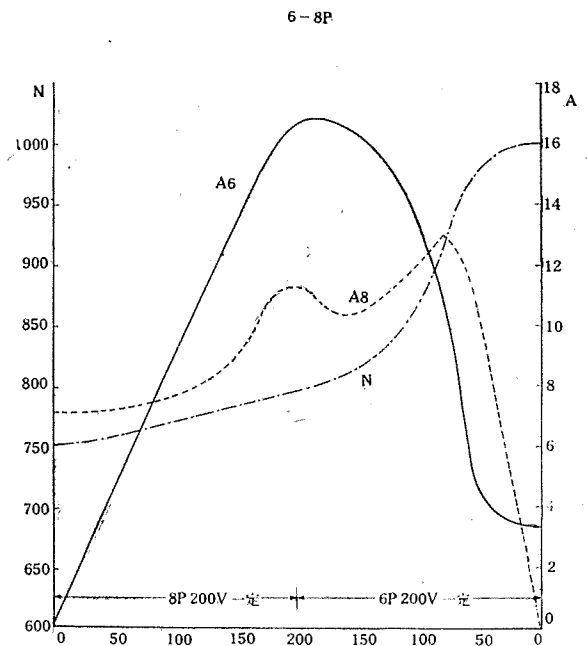


第 10 圖

#### 4. 實驗其の二

以上の如く普通範形にて普通速度回轉力曲線を有する電動機の組合に於ては速度制御が不圓滑、不安定となるので、高抵抗二次を有する電動機を組合せれば其の速度回轉力曲線は何れも直線變化に近い傾向を有するから、兩者の組合せによる制御曲線も直線的に近いものになると考察し、次に示す如き特性を有する電動機により實驗を行つた。

第 8 表は高抵抗型電動機の特性を第 9 表は其の速度回轉力を、又第 12 圖は兩回轉力曲線の組合せを示し、第 13 圖は計算値と實測値を示す。



第 12 圖

第 8 表 220 V 60~ 高抵抗型二段速度電動機

極	出力 HP	最大回轉 力 %	起動回轉 力 %	力率 %	能率 %	一次電流 A	結線
4	1	412	387	84.3	76.2	2.9	Y
6	1	403	401	71.3	76.4	3.43	Y

第 9 表 (220 V 60~)

極	S	—	—	—	1.0	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1
T	0.5	0.3	0.1								
4	kg-m				1.75	1.81	1.7	1.61	1.41	1.095	0.635
6	"	4.8	3.44	1.16	2.71	2.84	2.85	2.58	2.24	1.73	0.98

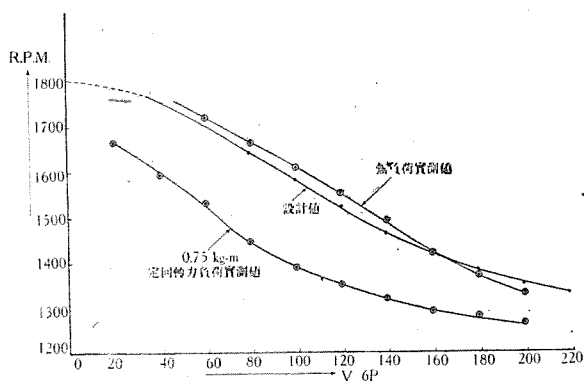
$$4P \quad r_1 = 3.71\Omega \quad r_0 = 2.07\Omega$$

$$6P \quad r_1 = 3.62\Omega \quad r_0 = 1.5\Omega$$

第 10 表

實負荷溫度上昇試験 (1600 R.P.M.=速度制御)

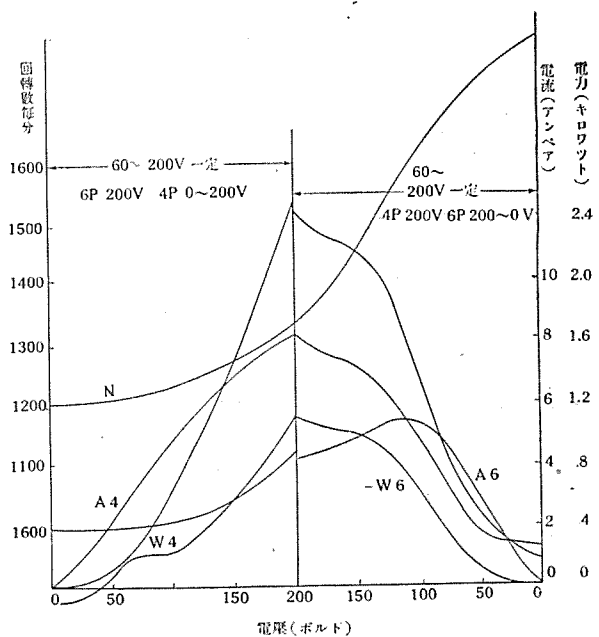
時間	電壓 (V)	電流 (A)	入力 (W)	周波 數	回轉子 R.P.M.	固定子 °C	排氣 溫度	軸受 溫度	室溫 °C
0	220	4.6	15.80	60.5	1600	26.5	26.5	26.5	26.5
0.5	"	4.52	15.50	"	"	38.0	38.0	33.0	29.0
1.0	"	4.50	"	"	"	39.5	42.0	35.0	31.0
1.5	"	"	"	"	"	40.0	43.0	36.0	"
2.0	"	"	"	"	"	40.5	"	"	"
2.5	"	"	"	"	"	"	"	"	"
3.0	"	"	"	"	"	"	"	"	"



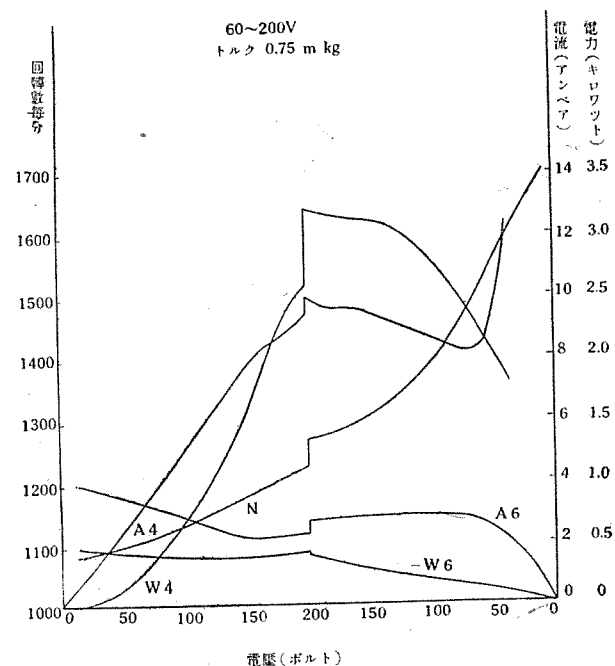
第 13 圖

## 5. 結 論

以上の結果を綜合するに極數變換電動機の組合せによる籠形誘導電動機の圓滑なる速度制御は理論的には適當なる極數の組合せにより相當廣範圍に速度制御を行ひ得るが、溫度上昇の點からは電動機の形狀を大とする必要があり、又裝置としては可變電源裝置を要し更に實驗其の二の如く高抵抗型の電動機を使用すれば速度制御は圓滑となるが負荷回轉力の變化により割合に大なる速度變化を生ずる事になる。實驗其の二に使用せる電動機は熱



第 14 圖



第 15 圖

容量を大にする爲普通の同容量の極數變換電動機より相當大型にして設計せるものである。

要するに本法は電動機に或負荷を與へて更に所要回轉數になるまで發電機を廻して過負荷せしめた如き状態となり、普通設計の電動機にては溫度上昇の點より實用困難であるが、特殊用途に短時間使用する場合等には高抵抗型特性を組合せれば可能である。本法の特色としては結局籠形電動機速度制御が或範圍内に於て圓滑に出来る點と過負荷せしめた勢力は發電機により、電源に再生出来る點が利點と見られる。



# 三菱積層乾電池

鎌 居 利 惣

## 1 緒 言

航空無線或は戦車無線等の如く、移動用無線送受信機は小型で性能の優秀な真空管が最近発達したため非常に進歩し、其の電源として小型で高急能のB電池が要求せられる様になつた。無線通信機は発達の初期に於いては真空管の性能が充分でなかつたため非常に大きな電力を必要とし此の要求に應ずるためには過重で扱い難いB電池を必要とした。然るに其後小型で電力工率の優秀な真空管の発達及各種無線回路の進歩により、B電池の壽命も非常に節約出来て移動用無線通信機が益々盛に利用せられる状態となつた。一方電池工業は甚だ遺憾乍ら、一時交流式受信器が発達したためかも知れないが無線通信機に比して非常に遅れた感がある。蓄電池は重く硫酸が入つて移動に不便な鉛蓄電池を依然として使用し、乾電池は丸型の素電池を集合した舊態依然たるものを未だにそのまゝ使用して居る。

併し米國では Minimax と稱する相當優秀な積層型乾電池が製造せられる様になり、其の爲携帯用の小型受信機が非常に発達してゐる。積層型乾電池の考案は決して新しいものではなく、我が國でも種々研究せられたものであるが技術上困難な點があつて未だに實用にならなかつたものである。當社では之の必要を生じ鋭意研究の結果技術上の難問を解決し、此處に一般に供給し得ることとなつたものである。

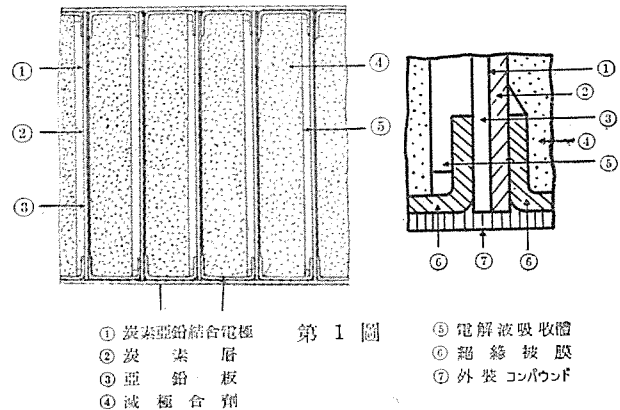
## 2 構 造

積層型B電池は断面圖の如く、各構成要素を層状として積み重ねたもので、小型で空間解率がよく放電容量の大なる乾電池である。

従來の乾電池では、陽極に炭素棒を必要とし、陰極には亜鉛罐を必要としたが、積層型では陰陽兩極を一体とした炭素亜鉛結合電極と云ふ特種のものが必要とする。炭素亜鉛結合電極は陰極及陽極として働き電氣が炭素より亜鉛に流れる電導の役目をなすと同時に電解液の浸入を防止するものでなければならない。

従來此の型が實用にならなかつたのは、此の炭素亜鉛結合電極の良好なものが得られなかつたからである。當社では此の炭素亜鉛結合電極の完全なものを容易に得ることが出来る様になつた。

積層型乾電池も現在までには諸種の改良を経たもので初期に於いては外周に相當多量のコンパウンドを必要とし空間能率も充分でなかつた。最近米國では被膜を使用して、相當優秀なものが出来る様になつた。此の米國の型は素電池の要素を全部被膜で包被するため、電解液が炭



素亜鉛結合電極の外週に浸出して、極部電流を發生して亜鉛が自己消耗する恐がある。

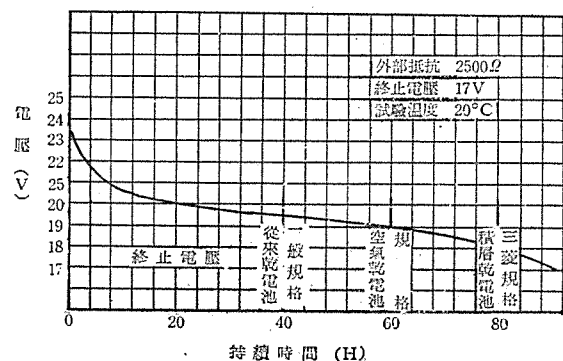
我社では此の危険を防止するため炭素亜鉛結合電極は被膜の外に出し、自己放電を完成に防止して非常に優秀なものが出る様になつた。

## 3 特 徴

### ア、小型で放電容量が大

従來の丸型素電池を集合したB電池は、構造が複雑で小型のものは製造が非常に困難であつた。出来たとしても空間能率が悪いので、放電容量が非常に僅なものであつた。積層乾電池は、各要素を層状としたものであるから、小型のものの製造に特に好都合である。小型とした時空間能率がよいので、放電容量は非常に大きなものが出来る。即ち従來の集合式B電池は各素電池間の空間及絶縁のために約 30% の容積を無駄にし、上部のコンパウンドのために約 20% を空費してゐる。又素電池に於いても炭素棒のコンパウンド、空氣室等のために約 20% は放電に關係のない部分がある。従つて集合式は放電に必要な部分が約 70% もあり實際放電に役立つ部分は僅かに約 30% に過ぎないのである。

積層型は放電に關係のない部分は殆どない。故に積層



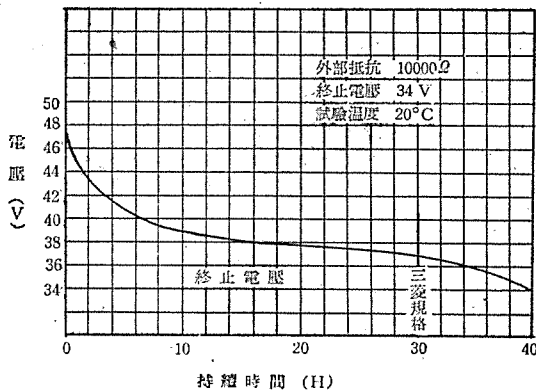
第 2 圖 BS型 18號定抵抗放電曲線

型は集合式に比して約3倍の能力がある。

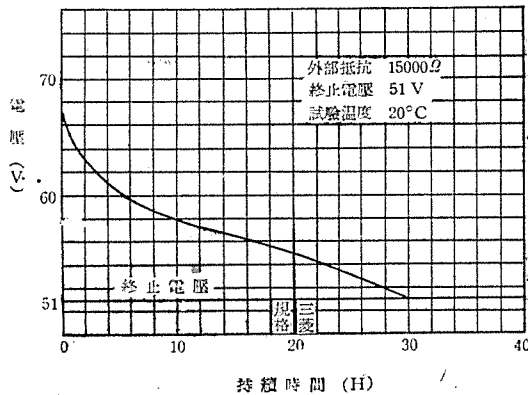
#### イ 資材が節約出来る

集合式B電池は個々に独立した素電池を作り、其の陰陽兩極に順次導線をハンダ附して電圧を上げたものであるが、積層型B電池は陰陽兩極を一体とした炭素亜鉛結合電極を使用し、順次積み重ねたものであるから導線及ハンダを必要としない。又素電池に就いては集合式の亜鉛罐は容器を兼用するため、上部は全く放電に關係せず其のまゝ残りの底部も電解液の比重の關係にて溶解不充分にて残る。積層型は全面平均に溶解し放電に關係のない部分が少いため同じ放電容量に對して、約40%も節約出来る。その他炭素棒、キャップのコンパウンド等も節約出来る。

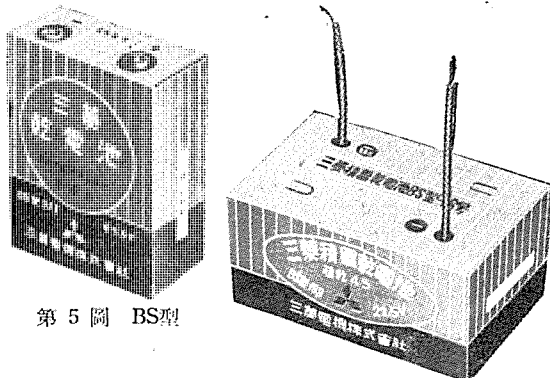
尙小型で放電容量が大であるから、之を使用する無線通信機の方にも資材が節約出来、全体として約50%以上節約出来る。



第3圖 BS型 22號定抵抗放電曲線



第4圖 BS型 33號定抵抗放電曲線



第5圖 BS型

第33號 BS型

#### ウ 製作工程が簡單で勞力の節約が出来る

集合式B電池は亜鉛罐をハンダ附して作り、合剤は1個々々紙を捲き電解液を注入してコンパウンドで封口するものであるから、非常に手数を要す。其の上素電池を組み合わせるのに、陰陽兩極に導線を順次ハンダ附しなければならず、殆んど總べて人力に依らなければならないので、作業能率の非常に悪いものである。積層型は各要素を總べて機械的に製造し、之を組立するには、コンベヤシステムにて多量生産するに適し、作業能率が非常に優秀である。

#### エ 故障が少ない

集合式B電池の素電池は、圓筒の内部に化學的に反應性のあるものを挿入するものであるから、細部まで注意が行きとゞかず、又構造が複雑であるから故障の起る原因が諸所にある。各電池、絶縁が充分でないため漏電による自己放電を起す。殊に何列にも折り返へし接続してあるから隣接の電池間に高電圧がかかる部分があり、湿氣の多い所では特に自己放電による消耗及故障が多い。

積層型は直列に配列し、隣接電池の間に高電圧がかかること無く、構成要素の数も少くなく構造が簡單であるから、故障が起ることが少ない。

## 4 規 格

三菱積層乾電池は、何れも小型で高性能のもので、3種類の標準品がある。BS-33型は煙草の敷島位の大きさで、電圧は67.5Vあり今までの方法では出来なかつた極小型である。BS-22型はBS-33型と同一寸法であるが、電圧が45Vで容量が多くなつてゐる。BS-18型は日本標準規格のB-18型と同一寸法であるが容量は2倍以上である。

寸 法

種別	細別	記號	公稱電壓 (ボルト)	外形寸法 (mm)			
				幅	長	高	端子寸法 A 高寸
無積層 線乾電池 用器	BS型 18號	積乾 45	22.5	62±1.5	100±1.5	40±1.5	
	BS型 22號	" 46	45.0	33±1.5	66±1.5	88±1.5	95 以下
	BS型 33號	" 47	67.5	33±1.5	66±1.5	88±1.5	95 以下

備考 積層乾電池ノ寸法ハ外形寸法ニシテ寸法ト

検査規格表

種別	細別	記號	検査標準			検査項目	
			起電力 (ボルト)	短絡電流 (アンペア)	絶縁抵抗 (メガオーム)	本検査	略検査
無積層 線乾電池 用器	BS型 18號	積乾 45	22.5以上	1 以上	10 以上	構造	外觀的構造
	BS型 22號	" 46	45.0 "	0.5 "	10 "	起電力	起電力
	BS型 33號	" 47	67.5 "	0.2 "	10 "	短絡電流	短絡電流

備考 短絡電流ノ温度係數ハ特性表ニシテ

特性表

種別	細別	記號	特性試験				温度係數
			起電力 (ボルト)	保持時間 (時)	外部抵抗 (オーム)	終止電壓 (ボルト)	
無積層 線乾電池 用器	BS型 18號	積乾 45	22.5以上	80 以上	2,500	17	0.01
	BS型 22號	" 46	45.0 "	30 "	10,000	34	0.01
	BS型 33號	" 47	67.5 "	20 "	15,000	51	0.01

# 内鐵型變壓器の渦流損に関する研究 (I)

木 村 久 男

## 内 容 梗 概 (次號以下の分も含む)

内鐵型變壓器に於ける渦流損は實驗値と理論値が甚だしい差のあることに氣付き、この異常現象を調査する目的を以つて、數年間にわたる長い期間の實驗結果をこゝにまとめたものである。長文にわたる爲、本號以下3回乃至4回にわたつて連載せられる筈である。

電氣機械に於いては「漂游負荷損」と稱して、何處で何故に起るかわからない損失が存在することが昔からわかつて居た。然し機器の設計製作が進歩するに伴つて、漸次この「漂游負荷損」の正体が明らかとなつて來たのである。

本文に於ては、内鐵型變壓器に於いては、このわけのわからない「漂游負荷損」なるものは存在しないと云ふ意味を以つて、敢て、「異常渦流損」なる言葉が用ひられたのである。この異常渦流損は、本研究によつて消滅せしめられ、單に、變壓器出現初期に考へられた「單純なる渦流損」のみが、内鐵型變壓器には殘ることになつたわけである。本文は之等の漏洩磁束に関する長い年月を要した研究報告である。

第1章に於いては電力用變壓器の型を概略説明し、磁束に関する一般概念や假定を述べ、外鐵型ではあまり甚だしくないに拘らず、内鐵型變壓器では、所謂漂游負荷損が甚だしく大きいことを述べて居る。

内鐵型變壓器のリアクタンス計算式に簡單に觸れ、最も初期の考へ方であるところの内鐵型變壓器の渦流損の計算式を導き Reed の式の誤を指摘した。

又、外函に於ける漂游負荷損につき、百田氏の報告を引用した。

第2章に於いては、外函以外にも漂游負荷損が相當に大きい率で發生して居ることを實例を擧げて説明して居る。

本章以下が本研究によつて發展せしめられた渦流損に對する漏洩磁束の概念であつて、巻線導体が磁束の何等かの不平衡により、斜めの磁力を受けると、之によつて導体の厚さ  $a$  のみでなく、巾  $b$  も、渦流損計算式に函數として入つて來る事が、模型的に説明せられて居る。次に  $a$  及び  $b$  を函數とし、 $n$  を異常渦流損係數とした、異常渦流損計算式を導いた。又、異常渦流損消滅裝置の原理の説明を行ひこの裝置により、從來の所謂漂游負荷損の存在は皆無となる筈であることを説いてゐる。

第3章は異常渦流損消滅裝置の効果を實例を以て示したものであつて、多數の實施例が擧げられて居る。比較の爲に舊い設計で異常渦流損の存在するものも、逆に異常渦流損係數を見出して、この係數が割合に狭い範圍におさまることも述べて居る。又本研究を發表する動機の一つともなつた AEG の電力用變壓器の渦流損問題も取上げて居る。又、巻線構造と異常渦流損問題及び異常渦流損に對する負荷の影響にも實例によつて若干觸れて居る。又異常渦流損消滅裝置の効果を説明して居る。

第4章は二三の假定の下に、渦流損の分布を數値計算によつて、概念を把握せんと試みたものであつて、異常渦流損のある状態(乙)と、異常渦流損のない状態(甲)の間の移行條件を求めて居る。

第5章は上記實驗から發展して、内鐵型變壓器の渦流損に関する近似式を更めて導出したものであつて、磁束の曲線を機構學上の梁の撓みにたとへて、實驗式を導き、よく結果が整理し得たことを述べて居る。

第6章は結言であつて、之等の研究から得られた結果を實際の設計に應用し得る諸點を説明し、異常渦流損消滅裝置その他の利用方法に言及して居る。

要するに本研究は從來無視せられ勝であつた、漏洩磁束に對する周圍の磁性体の影響を問題に取上げて進められた實驗であつて從來の概念を一歩進めたものと信じて居る。

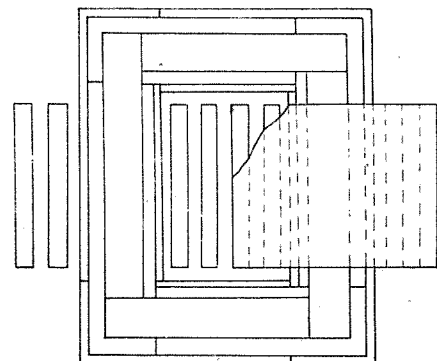
## 第 1 章 緒 言

### 第 1.1 節 電力用變壓器の型

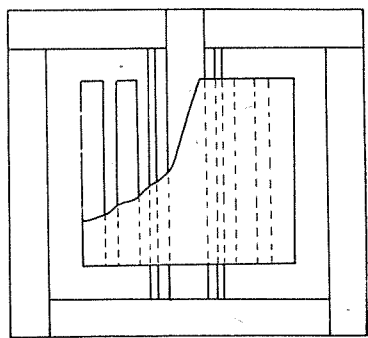
電力用變壓器の設計に當つて、單一の型を總べての出力、電壓、周波數及び相數に對して採用することが適當でないことはよく知られて居る。之は他の機器の場合と全く同様であつて、夫々の使用目的に對して、最も適當した夫々の型の性質を利用すべきである。此の意味に於いて、現在の電力用變壓器の型を大別すれば、次の如くである。

- |     |      |           |
|-----|------|-----------|
| 内鐵型 | 單相二脚 | ..... (イ) |
|     | 單相三脚 | ..... (ロ) |
|     | 三相三脚 | ..... (ハ) |
|     | 三相五脚 | ..... (ニ) |
| 外鐵型 | 單相   | ..... (ホ) |
|     | 三相   | ..... (ヘ) |

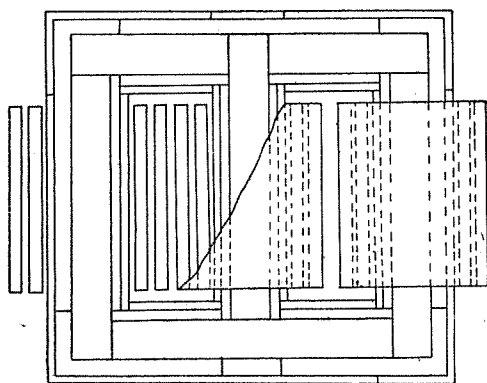
- (イ) 單相二脚の内鐵型は普通の中型程度(5000kVA 以下)の變壓器に用ひられる。(第 1.1 圖参照)



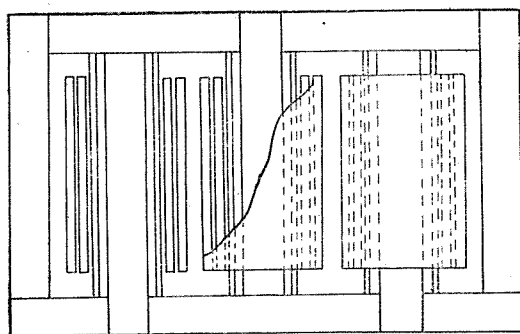
第 1.1 圖 内鐵型、單相二脚鐵心構造



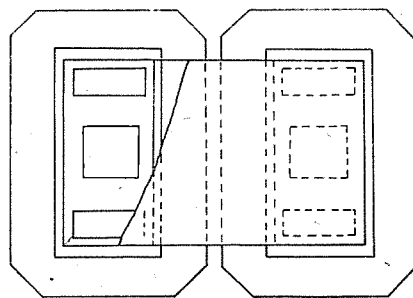
第 1.2 圖 内鉄型单相三脚鉄心構造



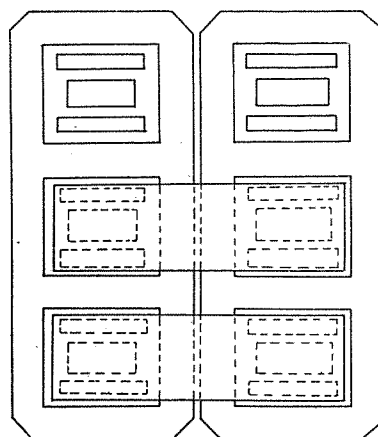
第 1.3 圖 内鉄型三相三脚鉄心構造



第 1.4 圖 内鉄型三脚五脚鉄心構造



第 1.5 圖 外鉄型单相鉄心構造



第 1.6 圖 外鉄型三相鉄心構造

筆者は、最近の數年間を、内鉄型と外鉄型の設計比較に、専門的に費したのであるが、本文に於いては、この間に氣のついた「内鉄型變壓器に於ける異常渦流損」の問題につき記述したいと思ふ。

### 第 1.2 節 磁力の分析

よく知られて居る如く、變壓器と云ふものは二つの電氣回路が一つの磁氣回路と交鎖したものである。電氣回路の一を一次回路、他を二次回路と稱せられ、一次は受電し、二次は送電する回路である。便宜上一次と二次の巻回比は 1 對 1 として説明を進めよう。

假定として次の量を考へる。

$$Y_p = G_p - jB_p = \text{一次勵磁 アドミッタンス}$$

$$Z_p = R_p + j(X_p' + X_p'') = \text{一次 インピーダンス}$$

$$Z_s = R_s + j(X_s' + X_s'') = \text{二次 インピーダンス}$$

變壓器に於いては斯くの如く 5 つの磁束の分力があると思へる。そしてその磁束はすべてリアクタンスとして上の三方程式には與へられて居る。一次と二次のリアクタンスを  $X'$  及び  $X''$  の分力に分ける理由は、磁氣回路の形が、巻線の起磁力の分布に影響すると云ふ假定からである。之等の漏洩磁束分力  $X'$  及び  $X''$  は互に全く別の性質を持つて居て、 $X''$  は一次又は二次巻線のみを通る漏洩磁束によるリアクタンスとし、 $X'$  は一次及び二次巻線の兩方を通つてゆく漏洩磁束によるリアクタンスとすれば、 $X'$  は相互誘導漏洩リアクタンスと見ることが出来るし、 $X''$  は自己誘導漏洩リアクタンスと云ふことが出来る。

斯くして、始めの量について考へれば、鐵心回路のリアクタンスと漏洩回路のリアクタンスとの關係を明瞭にする

- (ロ) 单相三脚の内鉄型の巻線はその中央の一脚のみにあり、他の二つは磁束の歸路である。之は(イ)よりも小型のものに適する。(第 1.2 圖)
- (ハ) 三相三脚の内鉄型は普通の中型 (10,000 kVA 以下) の變壓器に適す。(第 1.3 圖)
- (ニ) 三相五脚内鉄型は高さを特に切りつめる必要がある場合に用ひられるのであつて、特性は(ハ)と大差ない。(第 1.4 圖)
- (ホ) 单相外鉄型は大型 (5,000 kVA 以上) の单相變壓器に適すると考へられるものである。(第 1.5 圖)
- (ヘ) 三相外鉄型は大型 (10,000 kVA 以上) の三相變壓器に都合のよい型である。(第 1.6 圖)

然るに、特にタップが多數に出るもの、特に電流の大きいもの等は(イ)乃至(ヘ)の内、最も適當した型が容量に無關係に採用せられて居る。唯、漏洩磁束の分布の様子は、大体内鉄型と外鉄型の二つに分けられると思はれる。



ことが出来る。変圧器のリアクタンスが5%とすれば、之は一次二次に等分に分けられたとすれば2.5%になる。励磁電流を4%とすれば、漏洩磁束の起磁力が共通磁束のその25倍であり、共通磁束は漏洩磁束の40倍になるわけであるから、漏洩回路のリアクタンスは共通磁束又は主磁束の $40 \times 25 = 1000$ 倍のリアクタンスを有することになる。

通常の変圧器に於けるベクトル圖を第1.7圖に示す。漏洩磁束はリアクタンスとして與へられる。第1.8圖は之を時間軸に示してある。第1.7圖に於いて

$\phi$  = 共通磁束又は主磁束

$F = \phi$  を生ずる爲の起磁力

$E_s' =$  發生する電位差 ( $\phi$  より  $90^\circ$  遅れる)

$I_s(X_s' + X_s'') =$  二次電壓無効分力 (二次電流より  $90^\circ$  遅れる)

$E_s =$  二次側の起電力、 $I_s R_s$  を減すれば二次端子電壓を得る

$E_p' =$  共通磁束による一次起電力 ( $E_s'$  に等しく、方向反對)

$I_p(X_p' + X_p'') =$  一次電壓の無効分力 (一次電流より  $90^\circ$  遅れる)

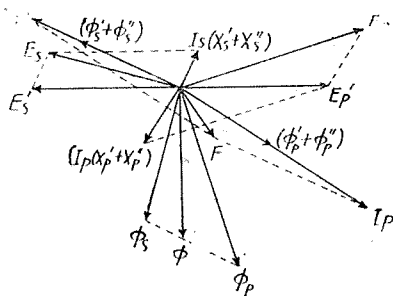
$E_p = I_p(X_p' + X_p'') + E_p'$  之に  $I_p R_p$  を加ふれば供給電壓を得る。

又、第1.8圖に於いて

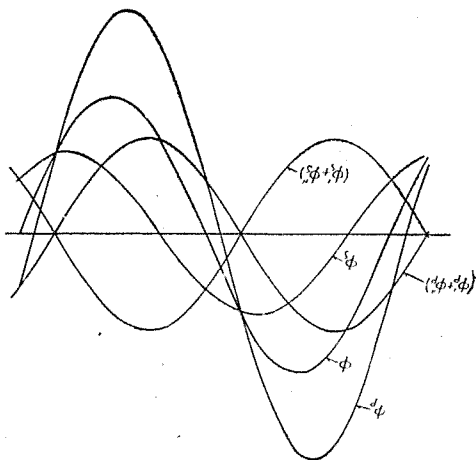
$\phi$  = 共通磁束

$\phi_p' + \phi_p'' =$  一次の漏洩磁束

$\phi + (\phi_p' + \phi_p'') = \phi_p =$  一次の磁束



第1.7圖 變壓器諸量のベクトル圖



第1.8圖 諸磁束の位相關係

$\phi_s' + \phi_s'' =$  二次の漏洩磁束

$\phi - (\phi_s' + \phi_s'') = \phi_s =$  二次の磁束

第1.7圖及び第1.8圖の説明に於いて漏洩磁束は平等に一次と二次に分布すると假定した。然し實際にはさうではないのであつて、單に説明の爲に此の様な方法がしばしば用ひられるわけである。眞の磁束は單に一つしかないわけであつて、他は數學的の假説である。各分力に分けて説明の便宜に供し、實用上の便を利用するに過ぎない。

### 第1.3節 一般的の假定

數式その他を單純にする爲に、本文に於いては、一般的の假定を與へて居る。その二三の點について述べてみよう。

#### (イ) 磁束の通路について

電氣的の回路が出来るならば、それに電流が流れやうが、流れまいが、磁氣回路は完全に出て来ることは當然である。このことは磁束がその磁力管の中で零から最大値まで、その強さを變化すると考へてよいわけであつて磁束が位置を變化して、その値を増減することは考慮する必要はないことになる。

#### (ロ) 電磁エネルギーの保藏について

漏洩磁束の數又は鎖交が變壓器に對して、リアクタンス降下を來すわけであるが、それは構造上一次巻線と二次巻線との相互の位置によつて、決定せらるべきものである。若し一次と二次が同じ空間にあるとすれば、一次電流により一方向に磁場が出来、二次電流により反對方向に磁場を生じ、漏洩磁束は零となる。然しながら巻線が分れて居る爲に、よく知られた磁場の法則が成立するわけで、「貯へられた電磁エネルギーが最大となる」様になる筈である。

若し、巻線が自由な空間磁場の一部として見られるならば、巻線内部の鎖交の分布を見出すことが出来る。然し此の方法は單に巻線の外部にのみ、應用出来る方法である。即ち磁場は此の様な部分に於いてのみ最大のパーミタンスは最大の貯へられた電磁エネルギーに相當するからである。變壓器の場合は、全空間の内側は勵磁巻線により支配されて居る。それが我々の興味を呼ぶ唯一の空間であり、最大エネルギーの條件は異つて来る。そして圖解法等の便法が應用せられ難い様な形狀になつて居るわけである。

#### (ハ) 鐵心及び空間を歸路とする磁氣回路のリアクタンスについて、

リアクタンスを考へるときに、全巻線の面積の内部を除いた他の部分、即ち空中又は鐵心を通つて歸つて來る部分のリアクタンスは、漏洩磁束回路としては、前者は面積の大なること、後者は導磁率の大なることにより、無視することが出来る。

唯、從來の考へ方からゆくと、普通の変壓器の構造では「巻線は鐵心から相當離れて居るから、周圍條件の決定に當つて、磁束の屈折による影響を考へないでよい」とされて居つたが、本文に於いて取扱つて居る「異常渦流損の消滅裝置」に於いては「周圍の磁性体の存在と云

ふ影響によつて、巻線内の磁束分布に相當の影響を與へることが出來て、その爲に漂游負荷損を激減させることが出來た」のであるから、周囲の磁性体の影響を無視することは出來ない。

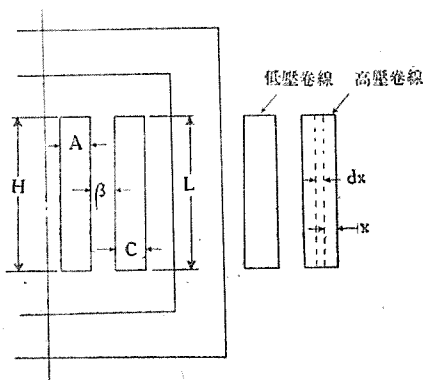
#### 第1.4節 内鐵型變壓器に特に甚だしい漂游負荷損

外鐵型變壓器と内鐵型變壓器は巻線及び鐵心構造こそ非常な相違があるが、漏洩磁束に關係あるインピーダンス及び渦流損の計算式は全く同様である筈である。

然るに多數の設計を繰返して居る内に、インピーダンスは甚だしい場合でも20%と云ふ誤差はないのであるが、漂游負荷損は渦流損の設計値の300~400%と云ふ大きな試験結果が度々見られたのである。之は内鐵型變壓器に限るのであつて、外鐵型變壓器には見られない、特殊な、又一方から云へば設計上都合の悪い結果である。然るに後に説明する様な適當な方法を講ずれば、殆んど設計値と異ならない渦流損の測定結果が、内鐵型變壓器に於いても得られる様になつたのであつて、この間の漏洩磁束の問題を明らかにしようとしたのが本文の目的である。

#### 第1.5節 内鐵型變壓器に於ける漏洩磁束—漏洩リアクタンス

此處に述べることは、變壓器巻線の寸法から、漏洩リアクタンスを計算する方法であるが、漏洩磁氣回路の長さや、斷面積等に對して、或る假定を設けねばならないが之等の假定は嚴密に正しくはないのである。此の方法は特に第1.9圖に示される様な内鐵型の標準構造に應用せられるが、同様の方法を高壓、低壓を交互重ねとした構造にも應用し得るものである。



第1.9圖内 鐵型變壓器の同心巻線の場面圖

時相關係に於いては、高壓、低壓巻線の夫々の電流は互に方向反對である。兩巻線を分離して居る間隙に沿ふ各點に於いては、起磁力は各巻線のアンペアターンに等しく、之により間隙に磁束が発生する。この起磁力は  $0.4(IT)$  である。〔 $(IT)$  は各巻線のアンペアターンである。〕リアクタンスは  $1/l_g \cdot \beta$  である。〔 $l$  は漏洩回路の長さ、 $l_g$  は巻線間の間隙の平均長、 $\beta$  は間隙の幅である。〕従つて間隙を通る磁束  $\Phi_g$  は

$$\Phi_g = \frac{4\pi}{10} \cdot \frac{(IT) l_g \cdot \beta}{l} \quad \text{.....(1.1)}$$

此の磁束は電流と同相である。従つて電壓を生じて居る主磁束とは  $90^\circ$  の相差がある。この漏洩磁束は變壓器に直列にインダクタンスを結合したものと考へられる。巻線のインダクタンスの定義から、單位電流により生じた磁束とインダクタンスは等しい。故に、

$$L = \frac{10 \Phi \cdot T}{10^9 \cdot I} \quad \text{ヘンリー}$$

(1.1) 式を此の式に代入して

$$L = \frac{12.6}{10^9} \cdot \frac{T^2}{l} \cdot l_g \cdot \beta$$

リアクタンス 電壓は  $e = 2\pi f L I$  であるから

$$e = \frac{79}{10^9} \cdot \frac{f T^2 I}{l} \cdot l_g \cdot \beta$$

變壓器の定格電壓  $E$  の百分率 % でこの式を表せば

$$\left. \begin{array}{l} \text{空路にある磁束による} \\ \% \text{ リアクタンス} \end{array} \right\} = \frac{0.79}{10^9} \cdot \frac{f T^2 I}{l E} \cdot l_g \cdot \beta \quad \text{.....(1.2)}$$

巻線の内部に漏洩磁束を生ずる起磁力は、巻線間の間隙に接する内側の端が最大であり、外端に至つて零になる。この極限の間では間隙からの距離に比例して居る。第1.1圖に示す如く、一次側の幅  $dx$  なる小部分に作用する起磁力は  $4\pi x IT / 10 A$  である。この漏洩磁氣回路のリアクタンスは  $1/l_p \cdot dx$  である。〔 $l_p$  は一次巻線の平均長である。〕従つて

$$d\Phi_p = \frac{4\pi}{10} \cdot \frac{x}{A} \cdot IT \cdot \frac{l_p}{l} \cdot dx$$

この磁束は巻線の  $x/A$  なる部分と鎖交して居る。従つて、 $x/A$  なる分數は、巻線全体と鎖交して居ると考へた場合には考へに入れねばならない。故に

$$d\Phi_p = \frac{4\pi}{10} \cdot \frac{x^2}{A^2} \cdot IT \cdot \frac{l_p}{l} \cdot dx$$

$$\text{又は } \Phi_p = \frac{4\pi}{10} \cdot IT \cdot \frac{l_p}{l} \cdot \frac{1}{A^2} \int_0^A x^2 dx$$

$$\Phi_p = \frac{4\pi}{10} \cdot (IT)_p \cdot \frac{l_p}{l} \cdot \frac{A}{3}$$

この式に於いて、幅  $dx$  なる部分の面積は常に一定でその巻線の平均長に等しいと假定したが、之は最後の結果には大きい誤差は生じない。

同様にして二次側の巻線内部の漏洩磁束は

$$\Phi_s = \frac{4\pi}{10} \cdot (IT)_s \cdot \frac{l_s}{l} \cdot \frac{C}{3}$$

% リアクタンス は (1.2) 式の場合と同様にして求まる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{一次巻線を通る磁束による} \\ \% \text{ リアクタンス} \end{array} \right\} = \frac{0.79}{10^9} \cdot \frac{f (IT)_p^2}{l E_p} \cdot \frac{l_p A}{3} \quad \text{.....(1.3)}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{二次巻線を通る磁束による} \\ \% \text{ リアクタンス} \end{array} \right\} = \frac{0.79}{10^9} \cdot \frac{f (IT)_s^2}{l E_s} \cdot \frac{l_s C}{3} \quad \text{.....(1.4)}$$

$\frac{(IT)_p}{E_p} = \frac{(IT)_s}{E_s}$  であるから、(1.4) 式は次の如くなる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{二次巻線を通る磁束による} \\ \% \text{ リアクタンス} \end{array} \right\} = \frac{0.79}{10^9} \cdot \frac{f (IT)_p^2}{l E_p} \cdot \frac{l_s C}{3} \quad \text{.....(1.5)}$$

(1.2), (1.3), (1.5) 式を加ふれば漏洩磁束による全漏洩リアクタンスが求められる。

全漏洩リアクタンス

$$= \frac{0.79}{10^9} \frac{fIT^2}{lE} \left( l_0 \cdot \beta + \frac{l_0 A + l_0 C}{3} \right) \dots\dots (1.6)$$

理論的の計算式は(1.6)式に得られたのであるが、実際問題として変圧器の構造上の制限から普通の場合(1.6)式は成立しない。そこで夫々の実際上の場合について、適当なる校正を行はなければ、実験結果と一致した値は得られない。特に磁氣的に不平衡の大きくなつた場合や、タップが出た場合には、誤差が甚だ大きくなることになるので、それに対しても適當の校正を必要とするわけになる。然し本文に於いては、之等の點につき詳述するのが目的ではないので、渦流損にも密接に關係のある磁氣回路の有効長のみにつき述べよう。

磁氣回路の有効長は、鐵心の窓の高さよりも、第1.9圖の巻線寸法として、次式で示される様な値の方が、半ば實驗的な式であるが、より正確な値が得られる様である。有効長を  $\alpha$  とすれば

$$\alpha = \frac{H+L}{2} + \frac{A+\beta+C}{3} \dots\dots (1.7)$$

但し  $H$  = 高壓巻線の高さ

$L$  = 低壓巻線の高さ

$A$  = 高壓巻線の径方向の厚さ

$\beta$  = 高壓低壓間の間隔

$C$  = 低壓巻線の径方向の厚さ

#### 第1.6節 四角な断面を有する導体の渦流損<sup>(1)</sup>

第1.10圖の如き導体を考へよう。漏洩磁束は紙面に垂直に通るものとする。この導体中心より  $x$  なる距離にある単位長の起電力は

$$emf = \frac{2\pi f B(2x)}{\sqrt{2} \times 10^9} \quad (\text{但し } B = \text{磁束密度})$$

その部分の抵抗  $R$  は

$$R = \frac{2.08}{10^9} \cdot \frac{2}{dx} \quad \text{オーム/寸/(寸)}^2$$

$2.08 \times 10^{-9}$  と云ふ数字は電氣銅の98%の導電率ある電線の75°Cに於ける固有抵抗値である。

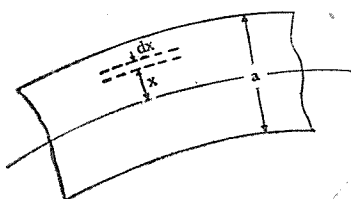
この部分の電流を  $dI$  とせば

$$dI = \frac{2}{22.6 \times 2 \times 2.08} f B x dx = \frac{1}{47} (f B x) dx$$

この部分の渦流損を  $dP_e$  とせば

$$\begin{aligned} dP_e &= \frac{2}{22.6 \times 10^9} \times \frac{1}{47} (f B x)^2 dx \\ &= \frac{2}{1.065 \times 10^9} (f B x)^2 dx \end{aligned}$$

故に全渦流損は  $dP_e$  を積分したものである。



第1.10圖 漏洩磁束の方向から見たる変圧器導体の断面

$$\begin{aligned} P_e &= \frac{2}{1.065 \times 10^9} (f B)^2 \int_{-\frac{a}{2}}^{+\frac{a}{2}} x^2 dx \\ &= \frac{2}{12.8 \times 10^9} (f B)^2 a^3 \end{aligned}$$

之より單位体積當りの損失がわかる。

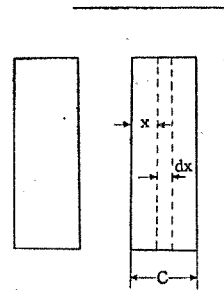
$$\frac{P_e}{cm^3} = \frac{2}{12.8 \times 10^9} (f B a)^2 \dots\dots (1.8)$$

銅の比重は8.92であるから、單位重量當りの損失は

$$\frac{P_e}{kg} = \frac{2}{114 \times 10^9} (f B a)^2 \dots\dots (1.9)$$

となる。

#### 第1.7節 變壓器巻線内の渦流損



第1.11圖

第1.11圖の如き、標準の内鉄型巻線配置を考へてみる  $x$  なる部分に於ける起磁力  $mmf$  は

$$mmf = \frac{4\pi}{10} \frac{x}{C} IT$$

その部分のリアクタンスは

$$\text{リアクタンス} = \frac{l}{l_0 dx}$$

但し  $IT$  = アンペアターン

$l$  = 漏洩磁束の長さ

$l_0$  = 巻線平均長

この部分の磁束を  $d\phi$  とすれば

$$d\phi = \frac{4\pi}{10} \frac{x}{C} IT \cdot \frac{l_0}{l} dx$$

磁束密度の最大値は

$$B = \frac{4\pi}{10} \sqrt{2} \frac{x}{C} \frac{IT}{l} = \sqrt{2} \times 1.26 \frac{x}{C} \frac{IT}{l} \dots\dots (1.10)$$

であるから(1.10)式を(1.8)式に代入して

$$\begin{aligned} \frac{P_e}{cm^3} &= \frac{2}{12.8 \times 10^9} \times 2 \times 1.26^2 \left( \frac{x}{C} \frac{IT}{l} af \right)^2 \\ &= \frac{0.496}{10^9} \left( \frac{x}{C} \frac{IT}{l} af \right)^2 \end{aligned}$$

$aP_e$  をその部分の損失とせば

$$dP_e = \frac{0.496}{10^9} (af IT)^2 \frac{l_0}{l C^2} x^2 dx$$

$$\begin{aligned} \therefore P_e &= \frac{0.496}{10^9} (af IT)^2 \frac{l_0}{l C^2} \int_0^C x^2 dx \\ &= \frac{0.165}{10^9} (af IT)^2 \frac{l_0 C}{l} \end{aligned}$$

この部分の体積は  $l_0 \cdot l \cdot C$  であるから

$$\frac{P_e}{cm^3} = \frac{0.165}{10^9} \left( \frac{af IT}{l} \right)^2 \dots\dots (1.11)$$

$$\frac{P_e}{k_g} = \frac{0.185}{10^7} \left( \frac{afIT}{l} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (1.12)$$

$f=50$  サイクル の時は

$$\frac{P_e}{k_g} = \frac{4.61}{10^5} \left( \frac{aIT}{l} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (1.13)$$

$f=60$  サイクル の時は

$$\frac{P_e}{k_g} = \frac{6.64}{10^5} \left( \frac{aIT}{l} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (1.14)$$

但し、之等の式の中、漏洩磁路の長さ  $l$  は、實驗的に求められた (1.7) 式の  $\alpha$  の値を用ふる方が結果がよい様である。

尙、此處に得られた計算式は、異常渦流損のない場合に適當した式であるが、異常渦流損のある場合の式については後述する。

( $k-1$ ) を  $P_e/P$  [ $P_e$  = 全銅損,  $P = I^2 R$  損] として、計算する場合も少くないのでこの形に改めると、

(1.13) 式より、

$$\frac{P_e}{k_g} = \frac{4.61}{10^5} \left( \frac{aIT}{l} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (50\sim)$$

$$\text{又 } \frac{P}{k_g} = \text{Ohmic loss} = 2.34 \times \left( \frac{I}{ab} \right)^2 \times 10^{-4} \quad \dots\dots\dots (1.15)$$

$$\therefore \frac{P_e}{P} = k-1 = \frac{0.197 \times T^2 \times \frac{a^4 b^2}{l^2}}{0.283 \times T^2 \times \frac{a^4 b^2}{l^2}} \quad \dots\dots\dots (50\sim) \quad \dots\dots\dots (1.16)$$

$$\frac{0.197 \times T^2 \times \frac{a^4 b^2}{l^2}}{0.283 \times T^2 \times \frac{a^4 b^2}{l^2}} \quad \dots\dots\dots (60\sim) \quad \dots\dots\dots (1.17)$$

又、参考の爲に アルミ の場合につき説明すれば、比抵抗は 60% であるから (1.8) 式より

$$\frac{P_e}{cm^3} = \frac{2 \times 0.6}{12.8 \times 10^9} \left( \frac{fIT}{l} \right)^2 = \frac{1.2}{12.8 \times 10^9} (fBa)^2$$

アルミ の比重は 2.7 であるから、

$$\frac{P_e}{k_g} = \frac{1.2}{34.6 \times 10^6} (fBa)^2 \quad \dots\dots\dots [\text{銅の } 197\%] \quad \dots\dots\dots (1.18)$$

$$P/k_g \text{ (Ohmic loss)} = 12.85 \left( \frac{I}{ab} \right)^2 \times 10^{-4}$$

$$\frac{P_e}{P} = k-1 = \frac{0.071 \times T^2 \times \frac{a^4 b^2}{l^2}}{0.102 \times T^2 \times \frac{a^4 b^2}{l^2}} \quad \dots\dots\dots (50\sim) \quad \dots\dots\dots (1.19)$$

$$\frac{0.071 \times T^2 \times \frac{a^4 b^2}{l^2}}{0.102 \times T^2 \times \frac{a^4 b^2}{l^2}} \quad \dots\dots\dots (60\sim) \quad \dots\dots\dots [\text{銅の } 36.2\%] \quad \dots\dots\dots (1.20)$$

### 第 1.8 節 Reed の式の誤について

従来外鐵型變壓器などでは比較的實驗結果がよく一致した爲に習慣的に用ひられて居た Reed の式を第 1.6 節及び第 1.7 節に紹介した次第であるが、之が計算誤あることを知つたので記録しておく、

(1.8) 式の直前の積分に於いて

$$\int_{-\frac{a}{2}}^{+\frac{a}{2}} x^2 dx \text{ ととつてあるが、之は第 1.10 圖から見$$

ても  $\int_0^{\frac{a}{2}} x^2 dx$  でなければならない。さうすれば理論式

としてはすべて係数が  $\frac{1}{2}$  にならなければならない。

従つて  $f=50\sim$  のときは、

$$\frac{P_e}{k_g} = \frac{2.3}{10^5} \left( \frac{aIT}{l} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (1.21)$$

$f=60\sim$  の時は

$$\frac{P_e}{k_g} = \frac{3.32}{10^5} \left( \frac{aIT}{l} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (1.22)$$

でなければならない。

然し、本文に於ける實驗式としては、即ち外鐵型變壓器の渦流損と比較したと云ふ意味で (1.12) 式を利用することとした。之は第 3 章に於いて利用されて居る。第 5 章は理論式を導かうとした爲に從來の實驗式では面白くないので、(1.21) 及び (1.22) 式が用ひられて居る。Reed 以外の参考書に於いても丁度 Reed の式の半分の係数が擧げられて居るので、参考の爲引用しよう。之は Reed の式が誤であることの裏書きにもなる。

(イ) Boyajian の式<sup>(2)</sup> 平等磁界中の平角銅体中の渦流損について、

$$\text{Eddy loss} = 62.1 \omega^2 f^2 B_{max}^2 10^{-11} / lb \text{ at } 75^\circ C$$

但し  $\omega$  = 磁束に直角方向の幅 (inch)

$f$  = 周波數

$B_{max}$  = 磁束密度 lines/□"

之を C.G.S. 單位に改めると

$$\frac{P_e}{k_g} = 0.0885 \times 10^{-7} (afB)^2 \quad \dots\dots\dots (1.23)$$

となり (1.12) 式の  $\frac{1}{2}$  の係数となつて居る。

(ロ) Vidmar の式<sup>(3)</sup>

$$a' = 1.5 a \sqrt{\frac{m_o b f}{l_s \rho \cdot 10^4}} = 1.5 a \times \sqrt{\frac{50}{0.0208} \times \frac{m_o b_o}{l_s}} \\ = 0.735 a \sqrt{\frac{m_o b}{l_s}}$$

$$k-1 = (a')^2 \frac{5n_o^2}{15} = \frac{n_o^2}{3} \times 0.735^4 a^4 \times \frac{m_o^2 b^2}{l_s^2} \\ = 0.0974 \times T^2 \times \frac{a^4 b^2}{l_s^2} \quad \dots\dots\dots (50\sim) \\ 0.14 \times T^2 \times \frac{a^4 b^2}{l_s^2} \quad \dots\dots\dots (60\sim) \quad \dots\dots\dots (1.24)$$

(1.16), (1.17) 式と比較すれば  $\frac{1}{2}$  の係数である。

(ハ) Richter の式<sup>(4)</sup>

$$\alpha = 2\pi \sqrt{\frac{nb}{a}} \frac{f}{\rho \cdot 10^5} = 0.972 \sqrt{\frac{nb}{B}} \left[ \frac{f=50\sim}{\rho=0.0208} \right]$$

$$\xi = ah = 0.972 h \sqrt{\frac{nb}{B}}$$

$$k-1 = \frac{m^2}{a} \xi = \frac{0.972^4}{9} \cdot m^2 h^4 \cdot \frac{n^2 b^2}{B^2} \\ = 0.099 \times m^2 n^2 \times \frac{h^4 b^2}{B^2}, (T = mn)$$

$$= 0.099 \times T^2 \times \frac{h^4 b^2}{B^2} \quad \dots\dots\dots (50\sim) \\ 0.143 \times T^2 \times \frac{h^4 b^2}{B^2} \quad \dots\dots\dots (60\sim) \quad \dots\dots\dots (1.25)$$

(ニ) Arnold の式<sup>(5)</sup>

$$k_v - 1 = 0.425 \times \nu^2 \left( \frac{r_s}{l_s} \right)^2 n^2 r^4 \cdot 10^{-4} \text{ (但し } \rho = 0.02)$$



$\nu=50$  とせば

$$k_{\nu}-1=\frac{0.425 \times 2500}{10^4} n^2 \frac{r^4 r_2^2}{l_0} \quad (50 \sim)$$

$$=0.106 \times n^2 \times \frac{r^4 r_2^2}{l_0} \quad (50 \sim)$$

$$0.153 \times n^2 \times \frac{r^4 r_2^2}{l_0} \quad (60 \sim) \quad (1.26)$$

(ホ) 本項については畏友小澤健一君の御指示に負ふところ多く、記して以て感謝の意を表する。

### 第1.9節 外函に發生する漂游負荷損

#### (1.9.1) 水冷式變壓器に於ける實驗式(百田氏の式)<sup>(6)</sup>

前章に於いて述べた理論的の渦流損と實際の工場試験に於ける渦流損とは一般に合致しないことが多い様であつた。之は現在まで、その原因については大体豫想せられて居ても、數式を以つて變壓器の形から、設計時にそれを豫知出来る性質がなく、全然不定の値を示した爲、之を漂游負荷損と稱せられた。

此の漂游負荷損の一種として、漏洩磁束が外函の鐵板を通過する爲に生ずる損失について、芝浦の百田博士は既に大正 15 年に詳細な實驗報告を發表せられ、その重要さを強調して居られる。

百田博士は外函に生ずる損失の計算式として、次のものを推奨して居られる。

$$W=(13-0.15A_2)ph\phi^2 \times 10^{-8} \quad \text{for } 50 \sim$$

$$W=(16.8-0.2A_2)ph\phi^2 \times 10^{-8} \quad \text{for } 60 \sim$$

where  $W$ =total stray load loss of transformer in KW

$A_2$ =space area in square cm per cm width of the tank periphery. Total area=sectional area of the tank area bounded by the periphery of the two primary coils on both legs and the two straight lines tangential to both primary coils.

$p$ =total periphery of tank in meters.

$h$ =average height of the primary and secondary coils+2×distance between the tank and the internal periphery of the primary coil, both in meters.

$\phi$ =average flux per cm width of the tank periphery.

$$\phi = \frac{0.3 \Phi_t}{0.5 p}$$

where  $p$  is the total tank periphery in cms, and  $\Phi_t$  the total leakage flux per leg.

但し、此の報告は單相變壓器で、然も外函の型が所謂小判型の時のみについて述べられたものであつて、外函の型が楕圓や矩形になれば、全然當てはまらないし、三相構造の磁束によつては計算出来ないものである。又、他にも、外函への漏洩磁束についての文獻も、若干あるにはあるが<sup>(7)</sup>、本文に於いては目的が異なる故、此の點に關して、深く検討することは避けることとする。

#### (1.9.2) 外函に於ける漂游負荷損輕減方法<sup>(8)</sup>

漏洩磁束により、外函に生ずる漂游負荷損を輕減する方法としては現在 2 つの方法が用ひられて居る。

(イ) 外函の内側に電氣鐵板を裏張りする方法

之は百田氏が前述の論文の中で報告して居られる方法であつて、相當の効果があることが示されて居る。

(ロ) 外函の内側に銅板を裏張りする方法

此の方法も亦、電氣鐵板と同じ程度に漂游負荷損が輕減されるものである。

## 第 2 章 内鐵型變壓器に於ける異常渦流損

### 第2.1節 外函以外に發生する漂游負荷損

變壓器外函に於ける漂游負荷損は、或る場合には損失の内、重要な部分を占めることは確かであるが、百田氏が専ら研究せられた如き外函のみに發生するのではなくして、もつと他により大きい漂游負荷損の要素が残されて居る様に考へられるのである。實驗的の例をとつて説明しよう。

[例 1]

定格 3 相, 60 $\sim$ , 900 kVA, 11-10.5 kV $\Delta$ /230 $\Delta$  (設計番號 L-1046)

測定 タップ 11 kV/230

中身を外函に入れる前に測定した短絡損失 = 8295 ワット (16°C)

外函におさめて " " = 9100 "

$\therefore$  外函に發生すると目される漂游負荷損 = 805 "

この變壓器の  $I^2 R$  = 8800 (75°C)

全銅損 = 10420 (75°C)

従つて 全漂游負荷損 = 1620 (75°C)

" = 1980 (16°C)

全漂游負荷損から外函に發生する損失を差引けば、巻線中の渦流損が残るわけである。

$\therefore$  巻線中の渦流損 = 1980 - 805 = 1175 (16°C)

然るにこの 3 $\phi$  60 $\sim$  900 kVA の變壓器の渦流損を (1.14) 式によつて算出してみると次の如くなる。

高壓側 19.4

低壓側 311

330.4 (75°C) 又は 408 (16°C)

巻線内の漂游負荷損 1175 ワットより遙かに少い 408 ワットの渦流損しか算出し得ないのである。1175 - 408 = 767 ワットが之までの概念のみでは「全然わからない損失」と認められて來たものであつた。

この 767 ワットなる損失の「發生する原因を確かめ」進んでこの「漂游負荷損を消滅せしめた」ことが本研究の眼目となつて居るものであつて、次章以下順を追ふて説明してゆかうと思ふ。

### 第2.2節 異常渦流損

(巻線導体の電磁的相互配置の不平衡による損失と異常渦流損發生條件に關する模型の考察)

一般に内鐵型變壓器に於ける異常なる漂游負荷損に對し、之を巻線導体の電磁的相互配置の不平衡によるものと解し、一應の説明をつけることが出來たのであるが、この激増せる損失を渦流損の項で表現し得た爲に之を漂游負荷損と呼ばずに、本文に於いては「異常渦流損」と

云ふ名稱で呼ぶこととする。

内鐵型變壓器の巻線構造は、漏洩磁路に平行に長く（寸法  $b$ ）、直角の方向に短い（寸法  $a$ ）、矩形をした銅体が用ひられる事が普通廣く行はれて居る。之が異常渦流損發生の根本原因になつて居ると考へられる事柄であつて、此の場合、若し何等かの影響により磁路が崩れて長い寸法  $b$  に直角の磁束分力が出来るとすれば、その銅体の磁束に直角なる有効幅と云ふものは増加するから、(1. 12) 式の  $a$  の代りに、長い方の寸法  $b$  の函數も入つて來なければならなくなる筈である。即ち、斜めに磁束が通過する爲、有効幅が増加して、損失が激増すると云ふことになるわけである。

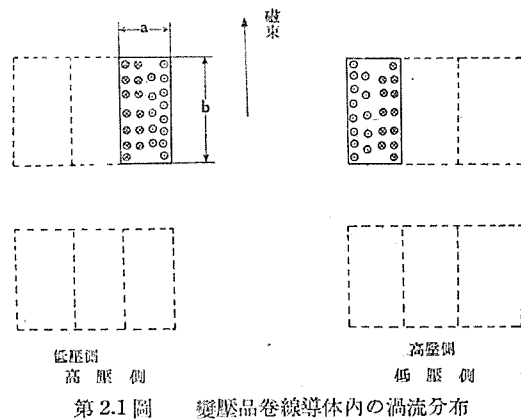
此の問題について興味あることは、斜めに入る磁束の角度が、或點までは「長い寸法  $b$  に直角な磁束分力」が増加しても、渦流損は殆んど増加しないけれども、それが或點まで來ると急に直角な分力の影響が増加して、渦流損は激増する。然し之以上はあまり増加することはない。即ち大体に於いて渦流損の條件が二つあるわけであつて、之は實驗的にも、理論的にも説明出来るのである。

他の物理現象で類推を求むれば、浅い盆に水を満した場合、少しく傾斜すれば、水自体の重力の作用で急に大部分の水が溢れることになる。即ち安定な條件はあるのであるが、何等かの外部的原因で盆が傾けられると或點迄は全然水は溢れないが、或點を越えると急に水が多量に溢れる様な場合が考へられる。之が丁度長方形の銅体切口に於ける渦流の分布と類似して居て、長い寸法  $b$  に磁束が平行か、又はその状態に近い間は渦流損は短い寸法  $a$  のみの函數であるが、磁束が傾いて或點以上になると、急に渦流損が増加し、（即ち渦流の分布が變化して）渦流損の中に長い寸法  $b$  が函數として入つて來ることになるのである。

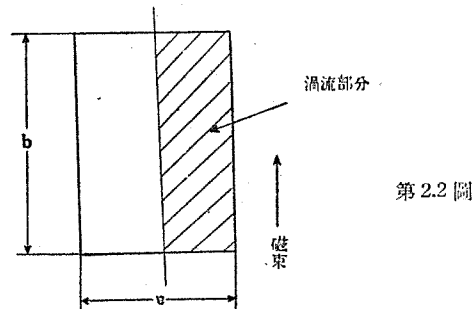
磁束の方向に對して、導体の短い寸法  $a$  のみの函數である場合に比して、之が僅かに傾いても、盆の水が溢れる様になつて長い寸法  $b$  も函數に入つて來るのである。短い寸法  $a$  のみの函數にとどまる安定範圍は矩形が細長くなればなる程、小さくなる。之に反して、一度長い寸法  $b$  の函數となつた渦流損の場合には、渦流の分布状態は、水で類推すれば壺に入つた水の如く、極めて安定である。換言すれば、安定範圍が盆の場合に比し、著しく廣いことになるのである。

この様に二つの状態に區別して考へると、渦流損の試験結果は、比較的整然と分類し得るのであつて、盆に水を満した場合は、異常渦流損のない場合であつて、以下（甲）なる符號を以つて表現し、壺に水を入れた様な場合は、異常渦流損のある場合であつて、以下之を（乙）なる符號を以つて表現することとする。

第 2.1 圖 に於いて、内鐵型變壓器の導体切口と磁束の方向を示して居るが、 $a, b$  は夫々導体の短い寸法と長い寸法である。磁束が第 2.1 圖の様に  $b$  寸法に平行であれば、渦流損は  $a$  のみの函數である。渦流は一次二次の間隙の部分で最も大であり、高、低兩巻線の外端及



第 2.1 圖 變壓器巻線導体内の渦流分布



第 2.2 圖

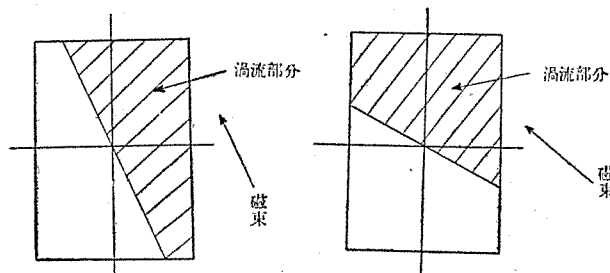
び内端は最小である。

導体内部の渦流分布は曲線的に變化するわけであるが第 2.1 圖にて  $a$  なる寸法が、 $b$  に比し小さいことを考へれば、第 2.2 圖の如く、導体の半分と同じ電流密度の渦流があり、他の半分は渦流零と考へても、分布のみを問題とした時には概念的には差支へないわけである。一つの容器にその容積の半分の水を入れたと同様である。

この場合に、磁束の方向が崩れて來ると第 2.3 圖の様に渦流分布にも影響をうけ、更に甚だしくなると第 2.4 圖の如く、渦流がこの導体の上半部に偏るに至ることが考へられる。第 2.3 圖の渦流損計算には、 $a$  寸法の函數のみでよいわけであるが、第 2.4 圖の分布のものが混在する様になれば、渦流損の計算式は  $a$  及び  $b$  兩方の函數でなければならないことが容易に考へ得られると思ふ。従つて、第 2.3 圖は（甲）の状態であり、第 2.4 圖は（乙）の状態であると説明することが出来る。

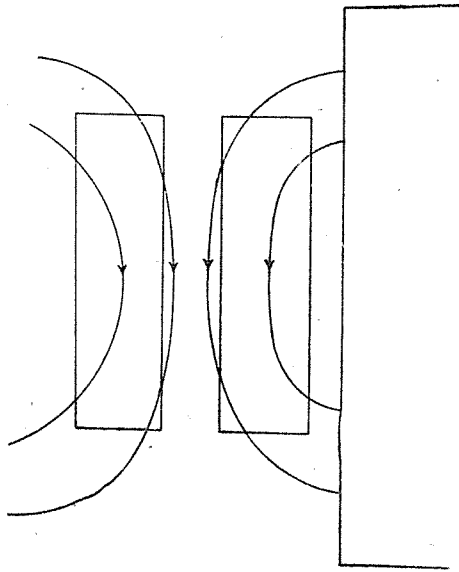
### 第 2.3 節 巻線配置の電磁的不平衡の原因について

内鐵型變壓器に於いては、構造上、巻線の上下端は、電磁的に不連続點であつて、之が不平衡の最も一般的な原因となつて居る。第 2.5 圖の如く、漏洩磁氣回路の端に於いて、磁束の擴散が行はれて居る爲に、磁束の方向は曲線を爲し、兩端では第 2.2 圖の  $b$  寸法に直角な分力



第 2.3 圖

第 2.4 圖



第2.5図 漏洩磁束の軌跡

も生じて来ることは明らかである。

その他の原因として挙げられるものは、一次巻線と二次巻線の高さの異なるもの、巻線の何處かでタツプが出て、その部分だけ起磁力が空虚になるもの、更に甚だしいものとしては、工作中的の誤差が大となり、一次巻線と二次巻線の磁氣的中心がずれて居る場合などは、磁束が常に巻線の高さの方向に平行とは考へ得られないのである。

之等の條件により異常渦流損が発生するのであつて、逆に之等の原因を除いて、豫定せられた漏洩磁束分布が得られたとすれば、異常渦流損がなくなる筈である。之が後述する異常渦流損消滅装置の考へ方である。

#### 第2.4節 異常渦流損計算式

渦流分布が第2.3圖の如き(甲)に相當すると見られるものは、(1.12)式によつて計算した數値と、測定の誤差内で一致する筈である。

然るに第2.4圖の如き(乙)の状態では、明らかに(1.12)式は成立しないことが考へられるのである。

(乙)の状態に於ける渦流損としては、その計算式に於ける導体の有効幅は第2.2圖に於ける如く「 $a$ 」のみではなく「 $b$ 」も又函數として入らなければならぬことは度々説明したが、之は次の式を以つて有効幅を示すこととした。之は實驗的に導出した異常渦流損に対する導体の有効幅である。

$$\text{有効幅} = an + b(1-n) \dots \dots \dots (2.1)$$

但し  $0 < n < 1$  とす。 $n$  を異常渦流損係數と呼ぶこととする。

$n$  の數値は磁束の方向や、その強さ及び導体の形などの函數であるから相當複雑なものであるが、この  $n$  なる係數は實驗的に定めるものであるから、「他の漂游負荷損の項も同時に考へに織込むことが出来る」と云ふ實用上の便がある。そこで本文に於いては異常渦流損の意味として巻線内の電磁的不平衡による渦流損の激増の意味の他に、外函その他の漂游負荷損をも含めて考へ、そ

の代りに外函等に於ける漂游負荷損を無視することとした。

$n$  の値は多數の實驗結果を整理して實驗的に決定することが出来たが、之によれば  $n=0.70 \sim 0.85$  の範圍で殆んどすべての(乙)の場合が計算出来ることがわかつた。之は相當に興味ある事實である。

前に引用した〔例-1〕3 $\phi$  60~900kVA 變壓器について、測定結果から逆に  $n$  の値を算出すると、 $n=0.70$ ,  $(1-n)=0.30$  と云ふ結果になつた。之は特に高電流のものでリード及び套管に於ける漂游負荷損が問題になる程大きい場合を除き、後述する如く殆んどすべての結果が上記範圍でおさまる様である。

従つて、斯の如き不平衡が起る可能性のある巻線の渦流損は、その有効幅を  $an+b(1-n)$  とし、之を(1.12)式の  $a$  の代りに入れればよいわけである。

故に異常渦流損の計算式は次の如くなる。

$$\frac{P_e}{k_g} = \frac{0.185}{10^7} \left[ \frac{fIT}{l} \times \{an+b(1-n)\} \right]^2 \quad (2.2)$$

$f=50$  サイクル の時は

$$\frac{P_e}{k_g} = \frac{4.61}{10^5} \left[ \frac{IT}{l} \times \{an+b(1-n)\} \right]^2 \quad \dots (2.3)$$

$f=60$  サイクル の時は

$$\frac{P_e}{k_g} = \frac{6.64}{10^5} \left[ \frac{IT}{l} \times \{an+b(1-n)\} \right]^2 \quad \dots (2.4)$$

今、二巻線變壓器の銅量を、夫々高壓側を  $m_1$  (斤)、低壓側を  $(m_2)$  斤とし、導体寸法を夫々  $a_1, b_1$ ;  $a_2, b_2$  とすれば、

高壓巻線渦流損

$$P_{e1} = \frac{0.185}{10^7} \left[ \frac{fIT}{l} \right]^2 [a_1n+(1-n)b_1]^2 \times m_1$$

低壓巻線渦流損

$$P_{e2} = \frac{0.185}{10^7} \left[ \frac{fIT}{l} \right]^2 [a_2n+(1-n)b_2]^2 \times m_2$$

となる。

$$\therefore \text{全渦流損 } P_e = P_{e1} + P_{e2}$$

$$= \frac{0.185}{10^7} \left[ \frac{fIT}{l} \right]^2 \left[ \{a_1n+(1-n)b_1\}^2 \times m_1 + \{a_2n+(1-n)b_2\}^2 \times m_2 \right]$$

$$q = \frac{0.185}{10^7} \left[ \frac{fIT}{l} \right]^2 \quad \text{とせば}$$

$$P_e = q \{ m_1 \{ b_1 - n(b_1 - a_1) \}^2 + m_2 \{ b_2 - n(b_2 - a_2) \}^2 \} \\ = q \{ m_1 \{ b_1 - 2b_1(b_1 - a_1)n + (b_1 - a_1)^2 n^2 \} \\ + m_2 \{ b_2^2 - 2b_2(b_2 - a_2)n + (b_2 - a_2)^2 n^2 \} \}$$

$$P_e/q = n^2 \{ (b_1 - a_1)^2 m_1 + (b_2 - a_2)^2 m_2 \} - 2n \{ b_1(b_1 - a_1)m_1 + b_2(b_2 - a_2)m_2 \} + m_1 b_1^2 + m_2 b_2^2$$

$$\therefore \{ (b_1 - a_1)^2 m_1 + (b_2 - a_2)^2 m_2 \} n^2 - 2 \{ b_1(b_1 - a_1)m_1 + b_2(b_2 - a_2)m_2 \} n + m_1 b_1^2 + m_2 b_2^2 - P_e/q = 0$$

$$n = \frac{b_1(b_1 - a_1)m_1 + b_2(b_2 - a_2)m_2 \pm \sqrt{\{b_1(b_1 - a_1)m_1 + b_2(b_2 - a_2)m_2\}^2 - \{ (b_1 - a_1)^2 m_1 + (b_2 - a_2)^2 m_2 \} \{ m_1 b_1^2 + m_2 b_2^2 - P_e/q \}}}{\{ (b_1 - a_1)^2 m_1 + (b_2 - a_2)^2 m_2 \}}$$

分子の第二項  $\sqrt{\quad}$  の中を計算すれば、

$$\begin{aligned} & (P_e/q) \cdot [(b_1 - a_1)^2 m_1 + (b_2 - a_2)^2 m_2] + m_1^2 [b_1^2 (b_1 - a_1)^2 - b_1^2 (b - a_1)^2] \\ & + m_1 m_2 [2b_1 b_2 (b_1 - a_1)(b_2 - a_1) - b_1^2 (b_2 - a_2)^2 - b_2^2 (b_1 - a_1)^2] + m_2^2 [b_2^2 (b_2 - a_2)^2 - b_2^2 (b_2 - a_2)^2] \\ & = (P_e/q) \cdot [(b_1 - a_1)^2 m_1 + (b_2 - a_2)^2 m_2] \\ & + m_1 m_2 [2b_1^2 b_2^2 - 2b_1 b_2 a_1 b_2 - 2b_1 b_2 a_2 b_1 + 2b_1 b_2 a_1 a_2 - b_1^2 b_2^2 + b_1^2 \cdot 2a_2 b_2 - a_2^2 b_1^2 - b_1^2 b_2^2 + 2a_1 b_1 b_2^2 - a_1^2 b_2^2] \\ & = (P_e/q) [(b_1 - a_1)^2 m_1 + (b_2 - a_2)^2 m_2] + m_1 m_2 [2a_1 a_2 b_1 b_2 - a_2^2 b_1^2 - a_1^2 b_2^2] \\ & = (P_e/q) [(b_1 - a_1)^2 m_1 + (b_2 - a_2)^2 m_2] - m_1 m_2 (a_1 b_2 - a_2 b_1)^2 \end{aligned}$$

故に、

$$n = \frac{[b_1(b_1 - a_1)m_1 + b_2(b_2 - a_2)m_2] \pm \sqrt{(P_e/q) [(b_1 - a_1)^2 m_1 + (b_2 - a_2)^2 m_2] - m_1 m_2 (a_1 b_2 - a_2 b_1)^2}}{[(b_1 - a_1)^2 m_1 + (b_2 - a_2)^2 m_2]} \quad (2.5)^*$$

即ち此の式を用ひて、測定値  $P_e$  から、異常渦流損係数  $n$  が算出し得るわけである。

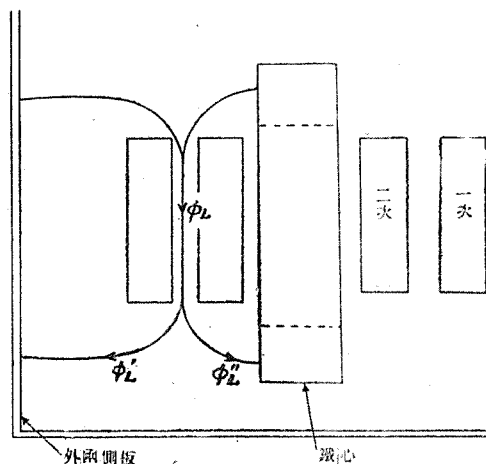
\*「註」(2.5) 式の複號は「正」は  $0 < n < 1$  の條件を満足しないから「負」をとるものとする。

### 第2.5節 異常渦流損消滅装置<sup>(9)</sup>

内鐵型變壓器に於いては單相でも三相でも同様であるが、巻線の並んだ方向（長い寸法の方）から見ると第2.6圖の如くなる。そして圖に示される様な漏洩磁束が考へられる。即ち漏洩磁束の一部は外函側板にゆき、之を通つて歸る。外函のない時は空氣中を橢圓形に曲つて歸る。他の一部は鐵轂部分に入り、他の脚の巻線の漏洩磁氣回路を通つて歸るものである。夫々の量は各回路のリアクタンスによつて決定せられることになるわけである。即ち全漏洩磁束を  $\phi_L$  とし、外函又は空中に出てゆく磁束を  $\phi_L'$ 、鐵轂に行くものを  $\phi_L''$  とすれば次式を得る。

$$\phi_L = \phi_L' + \phi_L'' \quad (2.6)$$

第2.6圖に於いて  $\phi_L'$  の爲に二次巻線の兩端に磁束の直角分力を生じ、 $\phi_L''$  によつて二次の兩端に直角分力を

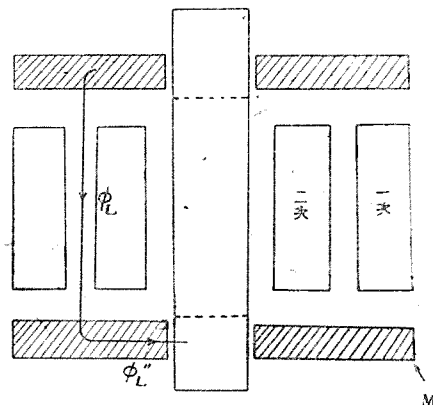


第2.6圖

生ずることは明らかである。

渦流損の立場から云へば  $\phi_L'$  は磁束の直角分力による一次巻線中の損失の増加と外函側板に於ける大きな損失を發生し、 $\phi_L''$  は鐵轂内部の損失は無視し得るも、二次巻線に渦流損を激増せしめて居る。

之等の磁束が巻線間隙に常に平行であれば(1.12)式の渦流損の式は成立する筈であるし、その場合が渦流損の最も少い状態である。



第2.7圖  
(異常渦流損消滅装置)

そこで第2.7圖の如く、漏洩磁束の、漏洩間隙の兩端に、巻線の絶縁に差支へない最小距離に  $M$  なる磁性体を置いたのである。

さうすれば第2.7圖に豫想せられる如く、 $\phi_L'$  リアクタンスは小さくなるのに對し、 $\phi_L''$  のリアクタンスは  $M$  のない場合と大差ない故、實際上  $\phi_L' = 0$  となり、外函の損失は零となる。更に巻線の内部の磁束分布が、上下端にある磁性体に引張られる爲、その間が殆んど直線となり且漏洩間隙に平行になるのである。その爲に斯の如き装置を施した内鐵型變壓器の渦流損は、(1.12)式によつて計算せられた値と殆んど一致し、外函の有無にも関係なくなり、異常渦流損が皆無となつたのである。この状態が(甲)であつて、次章に於いて實例を以つて説明を続けやうと思ふ。

### 文 献 (次號以下の文献も含む)

- (1) 第1.6節は E. G. Reed: El. J. Aug. 1917. P. 308 を C.G.S. 單位に書き改めたものである。
- (2) Transformer Engineering (1938), P. 56: Boiyajian
- (3) Transformatoren (1925), S. 127: Vidmar
- (4) Elektrische Maschinen III (1932), S. 75: Richter
- (5) Wechselstromtechnik II, Transformatoren (1936), S. 92: Arnold
- (6) 百田: 電學誌. 大正15年. 575頁
- (7) 例へば Heiler: VDE Fachberichte 1929, S. 71~74 ETZ 1932, S. 883~885
- (8) 電氣工學 辞書 509頁
- (9) 特許出願中
- (10) 後藤: 電學誌 57巻, 593號. 昭12-12月. 1164頁
- (11) 近く修理者 日立製作所より詳細發表がある豫定である
- (12) チモシエツ「材料力學」片山, 北畠釋 (2602), コロナ社
- (13) A Meyerhans: Der Eisenkern der Grosstransformatoren für Hochspannung (B.B. Mit XXVIII Jahrg. Nr. 10. Okt., 1941, S. 307~310)



## 第四編 淘汰の階程における 性能高化の概観

### 1. 近年における發達の特徴

ミシンの發達が、創生—育成—淘汰の三段階に分けられるといふ事は、既に述べたところであるが、第一期たる研究時代、第二期たる生産時代を経たミシンの發達形態は今や第三期たる性能高化時代に入るに至つた。

生産が研究の完遂により高揚されたと同じく、生産の結果は機械の性能高化を必然的に促したのである。即ち第二期における發達の特徴が生産に在つた様に、近年における著しい特徴はその性能の高化にあると言へる。

近代における膨大な生産量は、その普及につれて淘汰を喚び起した。このため種々の改良工夫が施され、良性能の物が採られ、他はとり残されて舊式と呼ばれた。之等の形状の上から、或る時は時代と無關係に必然が配列する歴史を読む事は有効であらう。

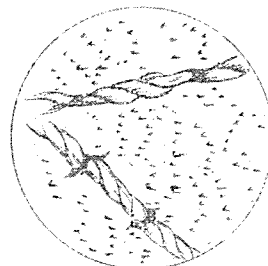
### 2. 針の研究と進歩

ミシンにおける針は、恰も工作機械における刃物の如く、機械の性能を左右する曲つたり折れたりしてはならぬ事は勿論、尖端やめどの摩耗なく過熱に耐えるものでなければならない。ミシンが用途を擴張し性能を増大するにつれて、絹地や紙の様に薄い物、セルロイドやベニ板の様に固いもの、ゴム布の様に糸入りの悪いもの等種々雑多なものを複雑に縫ふ必要に迫られた。又縫速度が3,000から4,000へ5,000へと増加して來ると、針の耐久性が考慮されねばならなかつた。高速裁縫をする時は、布に附着した油は白煙をあげ、針先が褐色に焼戻るまで使用する事がある。又ミシンに最も多い故障の目飛びや糸切れ等は、大部分針を替へる事によつて正し得る、斯様に密接な關係を持つものであるため、ミシンの性能高化に際しては先づ針に對して研究が積まれた。

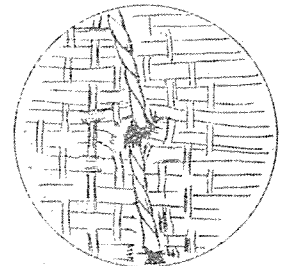
針の研究の要點は大體、合理的な寸法形状と、適切な材質處理と、精巧な工作の三點に歸結する。

先づ形状寸法としては突刺に對する抵抗の減少、先端の耐久性、糸輪の案内等の一般性が研究され、又全回轉式カマ用、半回轉式用、特殊縫用等夫々特別の目的に應ずる合理的な形状の研究がなされた。之等の詳細微妙な寸法については、獨、米等の製作會社では一般に秘密を守り公にする事を好まない。従てシンガー、ユニオンスペシャル、獨逸その他の會社では独自の型記號を以て類別してゐる。獨逸針、米國針等では夫々特徴を有してゐるが、一般に自己の機械の性能を標準として製作されてゐる。針の形状で最も判然とした區別は布用と皮革用の針先の相違である。一般に皮革は動物の頭尾方向とその直角方向では著しく抗張力及び伸びを異にする。例へばク

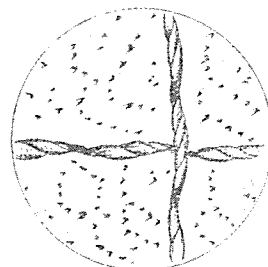
ロム 綵撥甲革に於ては頭尾方向の抗張力が  $410\text{kg/cm}^2$ 、伸が 39% であるのに比べ、之と直角方向では、抗張力が  $300\text{kg/cm}^2$  伸が 52% と云ふ値である。従て丸い断面を持つ針で皮革に孔をあけた場合、この方向性のために一般に第 17 圖に示す様な紡錘狀の孔を生ずる。このため縫方向の變化に伴つて圖の如き縫目不揃を生ずる原因となる。現在皮革用の針は先端に直線の切刃を有する所謂平針及び菱針である。之は皮革の方向性に關係なく、第 18 圖の如く常に一定の切目を作るので、縫目が不揃にならない。又刺突と糸締に對しても有効である。然し布に之を用ひる時には第 19 圖の如く纖維を切断するので、第 20 圖の如き丸針が布用として採用される。



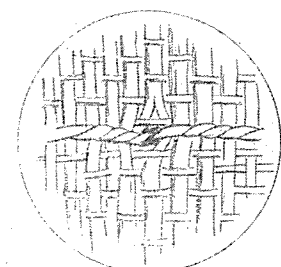
第 17 圖 丸針と皮  $\times 7.5$



第 19 圖 菱針と布  $\times 15$



第 18 圖 菱針と皮  $\times 7.5$



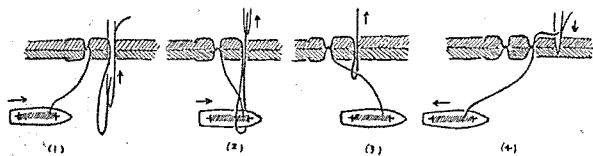
第 20 圖 丸針と布  $\times 15$

針の材料は昔 パーミンガム や ミエフィールド に於て發達した。然し一言に針の材料といつても、たとへば蓄音器の針には タングステン 鋼が用ひられ、醫者の針には不銹鋼や高クロム鋼が用ひられた如く用途に應じて異る。現在獨逸や米國に於て多く用ひられるミシン針の材料は、高炭素鋼、クロム鋼、タングステン鋼、タングステンバナヂウム鋼等で、獨逸及び瑞典で優秀な材料を出してゐる。ミシン針の材料は、自動機にかける爲の工作性をはじめ、焼入歪、硬度、靱性、耐摩耗性その他の諸性質につき充分である事を要する。之等についても獨、米等の針製作會社及びミシン會社は夫々独自の研究を積み、現一流會社と呼ばれるものの製品は優秀な成績を示してゐる。

歐米における針の工作法を最初に我國に紹介したのは、明治 11 年の特命全權大使米歐回覽實記であらう。

い事、騒音のない事、圓滑である事等で、従つて現代の之によれば、1873 年當時の プロッセル 府における針の製造法は、かなり進歩した點もあつたが、ラッピング 法等に至つては誠に幼稚なものであつた。後に自動機が発達するにつれて、針の工作に全面的に特殊自動機が利用され、その工程は能率化するに至つた。大戰後になると、獨逸では製針方法に改良を加へ、又米國にても種々の好條件によつて製針工業が俄に勃興するに至つた。現在の主なる製作法には米式と獨米混着式とがある。兩式の相違はめどと溝の工作にある。即ち前者は兩溝を切削し、別にめどをあけるが、後者は短溝とめどとを プレス で抜き、後に長溝だけを切削するものである。一般に簡単に思はれてゐる針の工作は約 20 の工程に分れ、特に死命を制する ラッピング や鍍金には深甚の注意と努力が拂はれてゐる。

現在針の製産國は獨、米、英の三國を主とし全世界の 99% を占める。特に獨逸に於ては アーヘン といふ都市に於て 95% 程度の生産をし、この市における製造工場は 500 以上を算し人口の 90% が針の生産にたづさはつてゐるといふ。獨逸における優秀針は、ウオルター、ヘッセと並んで二大巨頭と呼ばれた レオ、ラメルツ の工場で製造する レオ、ラメルツ をはじめ メトヴァール、シエルギー、等をあげ得る。



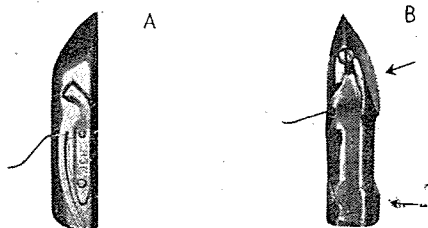
第 21 圖 往復カムによる縫目の原理

### 3. カマの發達

縫の種類に、かん縫と本縫の 2 種類がある事を述べたが、かん縫で糸をからませる役をするものは ルーパー と稱する糸操作腕であるが、本縫では之を カマ と呼ぶ。カマは糸巻きを抱く ルーパー の一種とも言へる。最初 ハント や ホウ の構想をその儘に具現したものは第 21 圖に示す様なものであつた。従て、この様な砲彈状のカマをピストンの如く往復させる機構が先づ採用された。

第 22 圖 A はそのカマである。現在 ボビンケース を舟と稱する由來はこゝに在ると思はれる。

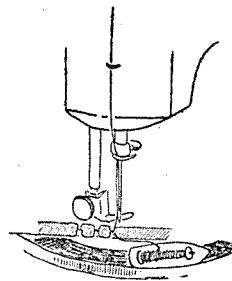
然しこの様なカマの往復機構は、燥音を發し回轉が不圓滑であるといふ缺點を持つてゐた。やがて之に代つて



第 22 圖

丸舟式機構が用ひられる様になつた。丸舟式とは第 22 圖 B の様な カマ を、針に垂直な平面に弧狀に往復させるものである。原理は少しも變らないが機構より来る輕快さが愛用される基となつた。

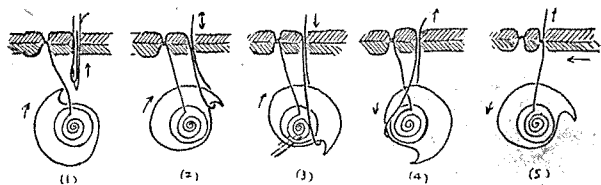
然し、この様に糸巻が カマ と共に搖動する事は、上糸



第 23 圖 丸舟機構

にからんだ下糸が引張られる際に力の不平均を生じ、従て薄物を縫う時に糸調子が亂れるといふ缺點がある。同時に、この様な細長いボビンでは、下糸の解け方が兩端は強く中間が弱くなる爲、調子の不同を來すのである。

之等の缺點を改良して出現したのは第 24 圖に示す様な半回轉式カマである。この構造は、ボビンを抱く舟とカマとを二体とし、舟を静止させ、之を中心としてカマ

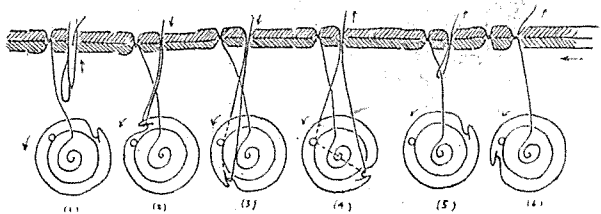


第 24 圖 半回轉式カマによる縫目の原理

を約 210° 搖動させるものである。現在、我國の家庭用ミシンに用ひられてゐるのは此の機構である。

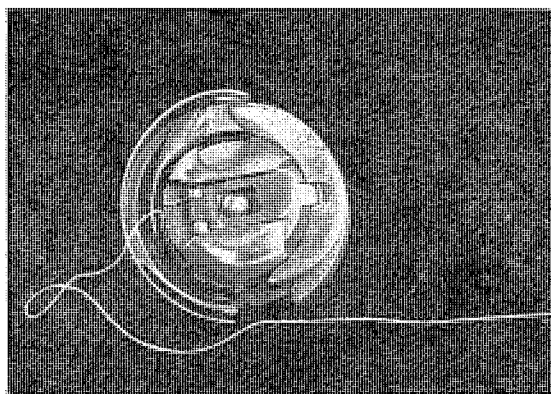
然し此の機構は、カマ と之を搖動させる ドライバー との間に糸の抜ける隙間がある爲、半回轉毎に衝突音を發する缺點がある。その上 カマ が搖動する爲には速さの上から制限を加へられる。現代の様に毎分 2,000 から 5,000 針の速さを必要とする様になると、どうしても之に代る機構がなければならない。之を満足するものは、既にウイルソン によつて發明された全回轉式 カマ であつた。

之はカマが舟を中心として一針に 2 回轉の割合で、常に一定方向に回轉を續けるのである。第 24' 圖はこの原理を略示したものである。



第 24' 圖 全回轉式カマによる縫目の原理

全回轉式カマの特徴は、毎分 5,000 針位の高速にも耐える事、上糸の引込量を少くし得る事、下糸の巻量大



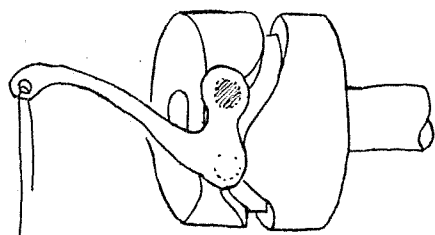
第25圖 全回轉式カム

ミシンには大方このカムが採用されてゐる。唯、この式の缺點とするとところは、一針に對して2回轉をする點で、例へば毎分5,000針のミシンにあつては10,000回轉を要する。獨逸のハイド・ウント・ノイや米國のユニオンス・ベナルでは、一針に1回轉するカムを製作してゐるが、等速回轉をなし得ない爲に、やはり高速には適しない。

第25圖は最も一般的な全回轉式カムである。

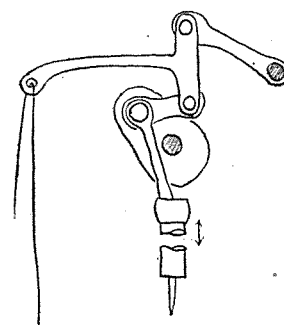
#### 4. 天ビンの發達

かん縫と本縫とでは夫々異つた特徴があるが、本縫の大きな特徴は上下の糸が充分引締められて、布の中央で結節を持つことである。もし結節が中央になれば、負荷の際1本の糸にのみ荷重がかゝつて縫目のほころびる原因となる。従つて上下の糸は等しい調子を以て締められねばならない。この作用は天ビンと稱する糸操作テコによつてなされる。天ビンは上糸を送り出す作用と、下糸の間をくぐり抜けた上糸を締める作用とをする。従つて天ビンの働きによつて必要な條件は、糸にたるみと無用の引張りをせぬ事である。薄物裁縫等に於ては、縫始めの針の高さ、ループの位置、カムの回轉角度等7ヶの條件によつて制限される。従つて、この動作は、上糸の弛張の變化に應じて複雑微妙なものとなる。

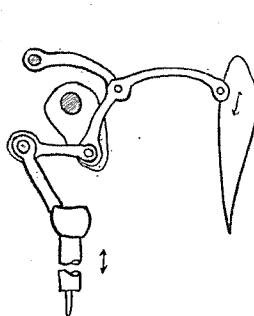


第26圖 圓筒カムによる天ビン

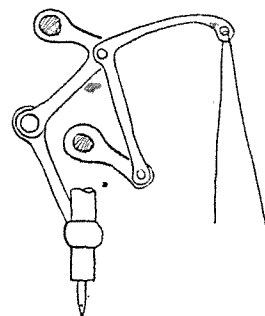
往復カムの如き簡単なミシンや皮ミシン等で天ビンの操作が微妙を要しないもの及び舊式のものは、天ビンが針棒と共に上下する機構になつてゐる。然し天ビンと針の運動は相似であつてはならない。従つて第26圖に示す様な圓筒カムによる機構は、天ビンとして一層有効なものであつた。現在我國の家庭用ミシンに用いられてゐる機構はこの式である。然し圓筒の周圍に切削する溝の曲線的變化には自づから速度上の限度がある。之を越えずしては理想運動を得られず、之を越えては不圓軸と音



第27圖 リンク式天ビン



第28圖リンク式天ビン

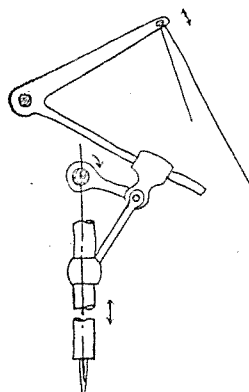


第29圖リンク式天ビン

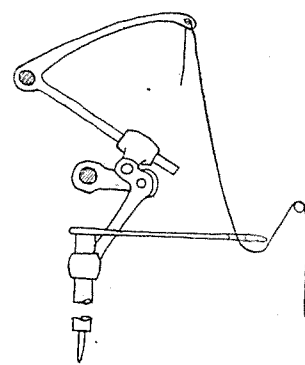
響と摩耗と工作困難とを來すのである。

この相反する2條件を満足するものが、次の天ビン機構でなければならなかつた。

次に示すリンク式天ビンは、この様な意味から新しい發明であつた。之等は所謂四つ棒クランク機構の内、最も適當な一點を選んで糸の孔とし、理想的な運動を得んとしたのである。



第30圖 搖動式天ビン



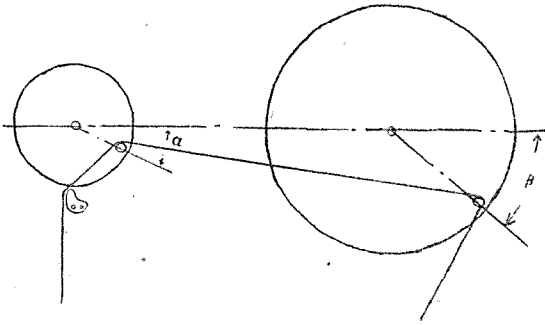
第31圖 搖動式天ビン

第30圖、31圖は、このリンク機構の四つの接手の中、の一個所を拘束せず滑り番ひとして、接手にうける衝撃を緩和したものである。

之等のリンク式天ビンは、種々な寸法の變化によつて雑多な運動を行ふから、現在非常に廣汎な用途に用ひられてゐる。

次に、現在廣く用ひられては居ないが、天ビン機構の新しい飛躍として注目すべきものに、回轉式天ビンがある。之は高速裁縫の際、天ビンの衝撃によつて糸切れ等が起らず、回轉が圓滑で構造が簡易といふ利點がある。

ウィルコックス・アンド・ギラスやアドラー、デュルコップのミシン



第 32 圖 回轉式天ビン

に用ひられ、最近 シンガー の ミシン にも用ひられてゐる。  
第 32 圖 は シンガー の 400W に用ひられた構造である。

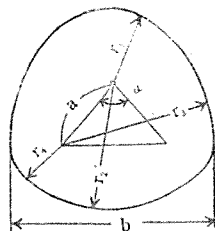
半径が 2:1 の比をなす 2 つの糸かけが、一定の距離を置いて之と逆比の角速度で回轉する時、この 2 つの糸かけは天ビンとしての條件を満足するものである。こゝにかけられた糸は、2 つの半径、角速度、中心距離、糸かけの位置等を函數とする方程式によつて、その運動を表示される。従つて之等を變化せしめる事によつて、その操作を容易に調整し得るものである。この機構は我國に於ては未だ採り入れられず、又深く研究もされて居らぬが、以上の様な利點から將來有望なものと言へよう。

### 5. 送り機構の發達

縫の構成は、針を刺す、糸をからませる、糸を締める、布地を動かすといふ 4 工程を以て成り立つ、従て針とカムと天ビンと送りの 4 機構が一般縫の要素である。

殊に送りは縫の連續を決定するものであるから、種々の變り縫には最も重要な役目を果す。

セント や ホウ の送りについては既に述べたが、送り機構が眞に發達をしはじめたのはウイルソンの ミシン 以後である。送りが間歇的でなければならぬ事は、一定時間針が布に刺つてゐる以上、當然であるが、同時に布は常に糸の張力に抗して進むから、等しい調子を得る爲には、點や線による送りではなく、或範圍の面積に互つて送りをかけるのを良とする。従つて水平動と上下動との二ケのカムによつて矩形状に運動する平な粗面が用ひられる。この様な矩形状の運動は第 33 圖に示す様な グライデツケッテン とも稱すべき三角カム 2 箇を  $\pi/4$  の位相差を以て運動せしめる事によつて得られる。



第 33 圖 グライデツケッテンを應用せる送りカム

即ち ストローク を  $S$ 、有効角を  $\alpha$  とする時

$$a = \frac{S}{2(1 - \sin \alpha/2)} \quad (1)$$

$$b > 2a \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$

$$r_1 = b - S/2 \quad (3)$$

$$r_2 = b + S/2 \quad (4)$$

$$r_3 = a + r_1 \quad (5)$$

$$r_4 = r_2 - a \quad (6)$$

なる 6 ケの數値を基礎としてこのカムが設計される。こゝに

$$r_1 + r_2 = r_3 + r_4 = b$$

従つて、このカムは外径が常に一定であるため、二又のカムスベリに挟まれて回轉をする。

有効角は矩形状の形狀を決定するもので

$$\alpha_1 + \alpha_2 < \pi/2 \quad (7)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \pi/2 \quad (8)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 > \pi/2 \quad (9)$$

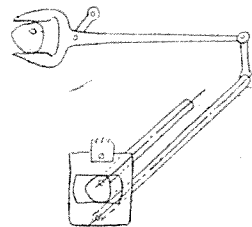
なる 3 ケの條件によつて、夫々矩形状の四隅に丸みを持つか、正しい矩形状となるか、又は矩形状の四隅に於て休止が表れる。休止の時間は

$$180/n (\alpha_1 + \alpha_2 - 180) \quad (10)$$

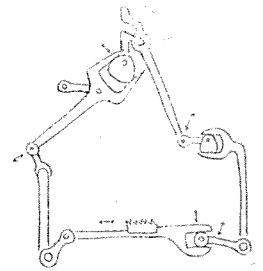
$$n = \text{r.p.m.}$$

である。

この原理を利用した一般的な機構は第 34 圖及び第 35 圖に示すものである。



第 34 圖 送り機構



第 35 圖 送り機構

然しこのカムの缺點は、周速の急激な變化による運動の不圓滑と、二點接觸による摩擦である。従つて最近の高速 ミシン に於ては、このカムによる事を避けて偏心カムを採用するものが多い。

又最近の ミシン にあつては、送り機構を送り金の附近に小さく纏め、更に改良されたものでは、その機構全体を油槽の中で運轉させてゐる。

以上は最も普通の ミシン について述べたのであるが、特殊 ミシン となれば、送りの方式は種々雑多で數限りがない。

たとへば製本の如く上下にズレがあつてはならぬものや厚草の様に上下が揃ひ難いものは、上下送りと稱して上下の兩面より等しい送りをかける。圓形に縫う時は、片送りと稱して、針に對して一側に送りの力を偏らせる。洋傘の如く鍔をつけて縫うものは、後部を高くする。足袋や肩の部分の縫うものは、一枚のみをつまんで鍔よせる。その他 ナーリングした車によるもの、前方よりロールで引張るもの等述べればきりが無い。縫う品物の特徴に應じて單能的に變化するのである。

送り機構の進歩は ミシン の單能機械化を促進せしめる大きな要素となつた。ミシンの單能化についてはいづれ項を改めて述べるが、以上四つの要素の進歩發達によつて ミシン は、先づその根本作業である縫ひの安定と信頼性を高めるに至つたのである。(つづく)



## 電機界夜話 (2)

### 初めの頃の變壓器

我が國に於いて明治の中頃より製作されて來た變壓器に就て、其の設計法、工作法等を記す。

#### 明治末期の設計計算方法

明治の終り頃の設計計算方法は、變壓器内部で鐵心が油に接してゐる面を、平方糎で先づ計算する。それに巻線の油に接してゐる面積を平方糎で計算したものを合計して、冷却面積を平方吋で求める。鐵損、銅損を計算してそれを全損失とする。鐵損はヒステリシス損と渦流損とを計算して加へる。當時は種々の周波數で鐵損を計つて渦流損とヒステリシス損とに分析した。

それから60 $\sim$ と50 $\sim$ の場合の鐵損を計算した。銅損は渦流損を考へてゐない。全損失を冷却面積で割り、一平方吋當りの損失が、或る數値以上になれば設計は出來上りと考へてゐた。

當時はその値が0.25 W/□" ならば適當としてゐた。此の中身を詰めるに足るだけの油の高さを保つ事の出来る小さな鑄鐵の箱を設計した。それにより變壓器の設計は出來上りとした。

#### 當時の油

當時の油は勿論米國より輸入したもので、可なり密度が高く、ねばり多いものであつて、絶縁力を重要に考へて水分を汲取する事を恐れてゐた。従つ

て今日の様な油は大變恐れて手もつかない有様であつた。

#### 製作と設計の改良

前記の計算法により完成せられた變壓器は試験の結果、5kVA、10kVA程度では良かったが、50kVA、100kVA以上は此の設計では線輪が熱くなり心配であつた。

そこで變更を加へられて、線輪と線輪が相向き合つてゐる面は $\frac{1}{2}$ の計算にすると、狭い鐵心の間の油の路は7割5分に計算する等と改良を加へられた。

#### 故障

以上の様であつたので、納入せられ使用に供せられたものは勿論満足な成績は擧げる事が出來ず、度々組立直し、部分の取換へ、修繕は絶え間がなかつた。

或る鐵山に据付けられた250kVAの變壓器は据付後間もなく故障と云つて來た。取調べた結果鐵心の温度は熱く、臭も出てゐる。蓋を開けて見れば内部はドロドロの様子で、油は眞黒になつてゐる。とても液体とは云へない位で、組輪の間の溝(外鐵型の設計)に竹の棒を差しても通らない。何回も突つてゐる間に油の固りが押し出されると云ふ有様であつて、之等は發熱のために油が變質したのであつた。

#### 油を冷却する事を知らなかつた

當時の變壓器の設計では油を如何にして冷却せしめるかと云ふ様な事を考へなかつた。又線輪の絶縁は三回位の

乾燥ワニス の濃い物で處理したものであつて、それは頂度綿入を着てゐる様な恰好な出來上りであつたので、機械的には丈夫で絶縁耐力も充分であつたものであるが、冷却装置に就いては、其處迄氣付かず考へが及ばなかつた。

#### 當時の試験の模様

試験は規格や方法等が幼稚であつて、温度上昇の試験の如きは全負荷の12時間後2割5分の過負荷を2時間加へて、其處で温度測定を行ひ、それが約束温度より低くければ良いとした。

又變壓器の燒けた時に内部の耐力に對し、外函が破壊しない事を證明する爲、平方吋200封度の耐力で油を押し込み、それで耐える事を試みた。その場合外函の鉄穴や、蓋と身との間等から油の吹き出す事等は、何んとも思はなかつた。

#### 柱上變壓器の口出線の一部を裸にするのを避る

柱上變壓器の口出にはコンパウンドを挿し込んでゐたが、油がゴム線を傳つて漏れて油の減りが甚だしいので苦心したのも當時のことであつて、口出線の一部を裸にしてサイフォン作用を防止する事を決心する迄には、種々の設備、改良を試みた。又口出しの外観を大きな鍔が外函の外に出て、外観の細い部分が外函の中にある様な今日の組立方に就いては最初容易に想ひつかず、考へついても決心するのに中々手間取つたものであつた。(N)

## 編輯室

多事多端なりし昭和拾八年も漸く暮れんとし、あと數日を餘すのみとなつた。實に光陰矢の如く、編輯室も一つ年をとる。

此の間の「三菱電機」の成長はひとえに愛讀者各位の絶大の御聲援の賜物と厚く御禮申上ぐ。

省みれば皇軍の威武赫々として大東亞共榮圈は磐石の泰きにあり、時に敵英米の反攻侮り難く、尊き玉碎の悲報を耳にするも、一億一心、全國民一丸となつて戦ひ抜く決意は火と燃え、外皇軍の勇戦あり、内銃後生産力の一大飛躍あり、最後の勝利我にあること明々白々。

この時に當り三菱電機に課せられたる使命如何。

曰く技術報國。然り。今次世界大戰は科學と科學。技術と技術の爭覇戦なりと。

多年培ひ來つた三菱電機の技術は今こそ御役に立つべき時が來たのだ。

雑誌三菱電機は體裁こそ片々たる一小冊子に過ぎないが、三菱電機の全技術の日本技術界への流出口である事を考へる時、編輯員一同その任重且大なるを今更の如く感ずる次第である。

用紙難、出版物の整理統合等我々の前途は益々多難であらう。併し、「三菱電機」は敢然として萬難を排して三菱技術の公開の道に邁進せんとするものである事を此處に誓つて、新しき年昭和參九年を迎へる覺悟と致し度い。(Y)



## 論文と講演

### 寄稿

荒井 潔	軽金属用抵抗熔接機の展望	電気の友	1 月號
坂本 薫 俊	新型交流電磁ブレーキ	電気の友	12 月號
川村 治	電磁チャック	電氣日本	1 月號
木村 久 男	電氣機器の絶縁不良箇所検出法	電氣日本	2 月號
篠崎 善 助	起重器用電磁ブレーキに就て	動力	1 月號

### 第 20 卷 第 1 號 内 容 豫 定

三極真空管發振器と非直線特性 .....	薄井 廉 介
二極間による高調波 ヘテロダイン 檢波 .....	神田 貞之助
發信器 タンク としての並行線回路の特性 .....	薄井 廉 介
空中線定数の測定 .....	中塚 正三郎
直流機の刷子接觸抵抗と無火花帶 .....	吉田 武彦
周波數變調通信方式 .....	(豊田 準三雄 杉 多 重 雄)
他 二 篇	

## 三菱電機株式會社

東京都麹町區丸ノ内二丁目四

編輯兼發行者 中 台 一 男

發 行 所 神戸市兵庫區和田崎町三丁目

「三菱電機」編輯部

大阪市東區北久太郎町一丁目一六

印刷者 久 保 專 治

大阪市東區北久太郎町一丁目一六

印刷所 株式會社 日本寫真工藝社

〔無斷轉載を禁ず〕

東京都神田區淡路町二丁目九

配 給 元 日本出版配給株式會社

昭和 19 年 1 月 13 日 印刷納本

昭和 19 年 1 月 18 日 發 行

〔本誌代價〕㊦ 壹部=付 金貳拾錢

日本出版文化協會 會員番號 第 132506 號