

三菱電機

— MITSUBISHI - DENKI —

Vol. 22 No. 3

目 次

自動電壓調整器の調整電圧	尾 畑 喜 行 (1)
静電容量及び自己誘導直視装置	津 村 隆 郎 (6)
鑄物埋込型熱板	田 村 弘 治 郎 (8)
三菱 PC-101 型クリスタルピクアップ	近 藤 敬 吉 (12)
ミシン發達史 (補)	伊 東 璋 (14)
Heaviside 演算手法に對する新しい考察と その電氣回路解析に於ける應用 (XIII)	菅 野 正 雄 (22)

新製品紹介

坑内用高壓油入開閉器附變壓器	表紙二
クイックヒーター	表紙三

1948

三菱電機株式会社

自動電壓調整器の調整電壓

温度変化、周波数変化、高調波及補償電流が自動定電壓調整器の調整電壓に對して、如何に影響するかを述べて居る。

神戸製作所

尾 畑 喜 作

1. 緒 言

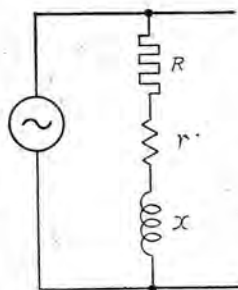
電氣が勢力源として商行爲の對照となる爲には良質であることが必要である。而して良質である爲には停電が無く周波数が安定し、高調波等の不純物少く對稱電源であること等の外、電壓の變動少きことを不可缺の條件とするものであつて、この爲發電機や調相機に自動電壓調整器を設けて電壓を一定に保持することが普通に行われて居る。

自動定電壓調整器は或基準量と電壓値に應動する量との偏差によつて動作する如く構成せられて居るが、この偏差に對し全く忠實に動作したとしても電壓の波形、周波数の變動、回路常數の變化等に依り電壓は必ずしも一定とは云い難い。茲ではこれ等調整電壓に變動を與える電氣的事項と調整電壓との關係を論じてみる。尙調整器の構造並に回路網の構成は特殊のものもあるが、茲では普通定電壓調整器として一般的に用いられて居る型式のものに就て述べることにする。電壓調整器の製造、選擇に役立てば幸である。

2. 温度特性

電壓調整器の電壓應動回路中には温度變化に依て抵抗値を變化する銅線材料が使用されて居るから、温度が變化すれば當然調整電壓も變化することになる。

第1圖に於て r を回路中の温度に依て變化する抵抗、 R を不變外部抵抗（この抵抗の



第1圖 電壓應動回路

一部は普通電壓調整抵抗器として利用される) x を回路のリアクタンスとする。自動定電壓調整器は線輪に流れる電流を一定に保ち、これによつて生ずる電磁力を一定に保持する様に動作するものであるから、動作状態に於ける電流を I とすれば、發電機電壓 E は

$$E = I \sqrt{(R+r)^2 + x^2}$$

今 $t^\circ\text{C}$ に於ける電壓を E_t 、線輪抵抗を r_t とすれば

$$E_t = I \sqrt{(R+r_t)^2 + x^2}$$

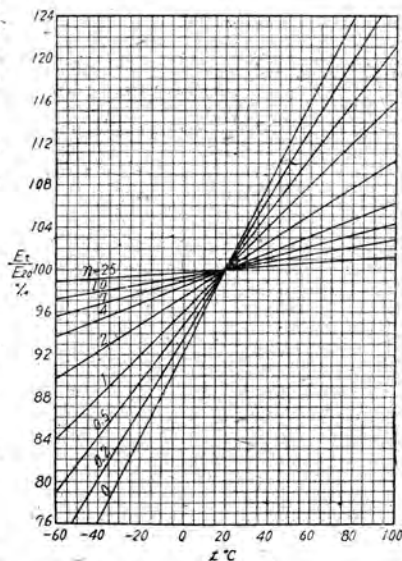
從つて $t_1^\circ\text{C}$ に於て調整器の調節を行つたとすれば、

$$E_{t_1} = I \sqrt{(R+r_{t_1})^2 + x^2}$$

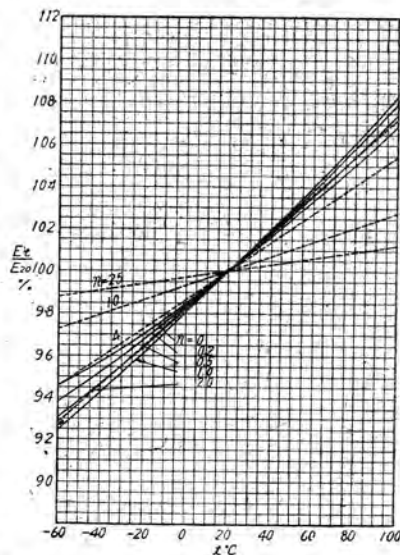
線輪の抵抗温度係數を α とすれば

$$r_t = r_{t_1} \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha t_1}$$

なる關係があるから



第2圖 (a) 温度特性 ($m=0$)



(b) 温度特性 ($m=2$)

$$E_t = I \sqrt{\left(R + r_{t1} \frac{1+at}{1+at_1}\right)^2 + x^2}$$

E_{t1} に対する割合を考えてみると

$$\frac{E_t}{E_{t1}} = \sqrt{\frac{\left(R + r_{t1} \frac{1+at}{1+at_1}\right)^2 + x^2}{(R + r_{t1})^2 + x^2}}$$

今 $m = x/r_{t1}$, $n = R/r_{t1}$ とすれば上式は

$$\frac{E_t}{E_{t1}} = \sqrt{\frac{\left(n + \frac{1+at}{1+at_1}\right)^2 + m^2}{(n+1)^2 + m^2}} \dots\dots\dots (1)$$

銅線に対しては $\alpha = 4.3 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ とし $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ とすれば

$$\frac{E_t}{E_{20}} = \sqrt{\frac{(n + 0.921 + 0.00396t)^2 + m^2}{(n+1)^2 + m^2}}$$

第2圖はこの計算結果の一例であつて、計器に於けると同様外部に一定の抵抗を附加することに依つて温度特性は向上することが分る。

1 式は n 對して最大値を有するから之を微分し且 n は正なることに留意して n の値を求めてみると

$$n = \frac{-\{2 + \alpha(t_1 + t)\} + \sqrt{\{2 + \alpha(t_1 + t)\}^2}}{2(1 + at_1)}$$

$$= \frac{-4(1 + at_1)\{(1 + at) - m^2(1 + at_1)\}}{\dots\dots\dots (2)}$$

斯かる n に對しては E_t/E_{t1} が最大となり温度特性は最悪となる。従つて温度特性は必ずしも外部抵抗の大なる方が良いと云い難い。

更に $n > 0$ なる條件は

$$m^2 > \frac{1+at}{1+at_1} \dots\dots\dots (3)$$

であるから、3 式の條件に適合する m の範圍に於ては外部抵抗値の選定に注意する必要がある。銅線の場合通常の使用温度に於ては m は略 1 以上に於て 3 式の條件に適合する。第3圖は $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$, $t = 60^{\circ}\text{C}$ とした時の n に對する E_{60}/E_{20} を示す。

3. 周波數特性

第1圖の如き電壓調整器回路に於て

E_0 = 規定周波數 f_0 に於ける調整電壓

E_1 = 任意周波數 f_1 に於ける調整電壓

L = 回路のインダクタンス

とし且

$$m = \frac{2\pi f_0 L}{R+r}$$

とすれば

$$E_0 = I \sqrt{(R+r)^2 + (2\pi f_0 L)^2} = I(R+r) \sqrt{1+m^2}$$

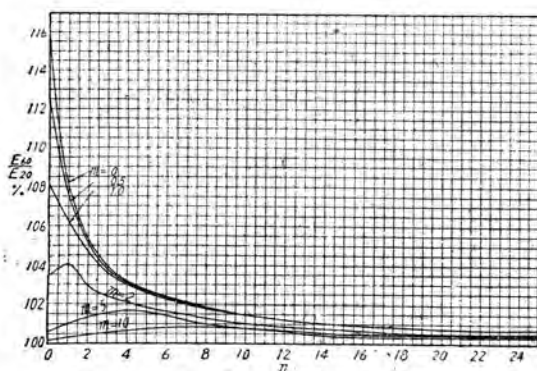
$$E_1 = I \sqrt{(R+r)^2 + (2\pi f_1 L)^2} = I(R+r) \sqrt{1+m^2 \left(\frac{f_1}{f_0}\right)^2}$$

$$\therefore \frac{E_1}{E_0} = \sqrt{\frac{1+m^2 \left(\frac{f_1}{f_0}\right)^2}{1+m^2}} \dots\dots\dots (4)$$

第4圖はこの計算結果を示す。

これより分明する如く m の値が大きくなるに従つて調整電壓の變動も大きくなるから定電壓調整器に於ては外部抵抗を増加する方が望ましい。

尙 m の大なる場合調整電壓は周波數に對し略比例する。電壓調整器の多くは定電壓調整器であるから m の値は成可く小さい方が望ましいが、特殊の目的に對してはこの特性が利用される場合もある。外國製某電氣推進船は定勵磁同期電動機により推進機を驅動して居たが、常に 100 % 力率で運轉する爲には發電機電壓を周波數に比例させる必要があるので $m \div 8$ なる自動電壓調整器を用いて居た。



第3圖 60°C に於ける調整電壓

4. 高調波の影響

直流發電機に於ける連波や交流發電機の高調波の含有率が負荷や勵磁度の變化に依て變化する場合には、當然調整電壓に變動を來すことになるからこの影響に就て調べてみる。そしてこれに就て考える前に多くの自動電壓調整器主要素は感度を増大せしむる爲電流の二乗に比例する力を發生するから、斯かる電壓調整器主要素が高調波の存在する場合、如何なるものに對して應動するかを調べる必要がある。

今發電機電壓に含有される各調波分を

$$e_0 = E_0 \text{ (直流分)}$$

$$e_1 = \sqrt{2} E_1 \sin(\omega t + \phi_1)$$

$$e_2 = \sqrt{2} E_2 \sin(2\omega t + \phi_2)$$

$$\dots\dots\dots$$

$$e_n = \sqrt{2} E_n \sin(n\omega t + \phi_n)$$

$$\dots\dots\dots$$

とするとこれによつて流れる電流は

$$\begin{aligned}
 i_0 &= \frac{E_0}{R} \\
 i_1 &= \frac{\sqrt{2} E_1}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \sin(\omega t + \theta_1) \\
 i_2 &= \frac{\sqrt{2} E_2}{\sqrt{R^2 + 4\omega^2 L^2}} \sin(2\omega t + \theta_2) \\
 &\dots\dots\dots \\
 i_n &= \frac{\sqrt{2} E_n}{\sqrt{R^2 + n^2 \omega^2 L^2}} \sin(n\omega t + \theta_n) \\
 &\dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

但し

$$\theta_n = \phi_n - \tan^{-1} \frac{n\omega L}{R}$$

n = 高調波の次数

R = 回路の全抵抗

従つて合成電流の瞬時値 i は

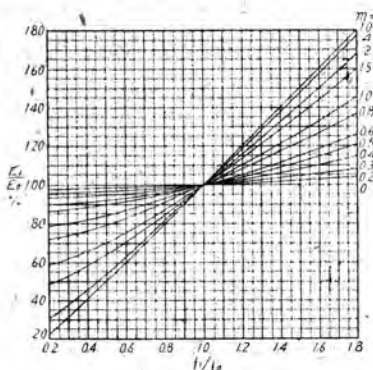
$$\begin{aligned}
 i &= i_0 + \sum i_n \\
 &= \frac{E_0}{R} + \sqrt{2} \sum \frac{E_n}{\sqrt{R^2 + n^2 \omega^2 L^2}} \sin(n\omega t + \theta_n)
 \end{aligned}$$

故に電磁力の瞬時値 f は K を比例定数とすると

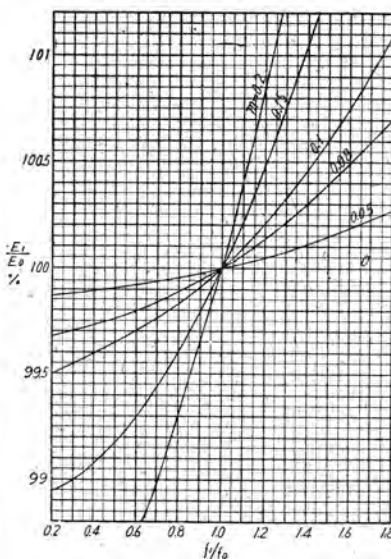
$$\begin{aligned}
 f &= K i^2 \\
 &= K \left[\frac{E_0^2}{R^2} + 2\sqrt{2} \frac{E_0}{R} \sum \frac{E_n}{\sqrt{R^2 + n^2 \omega^2 L^2}} \sin(n\omega t + \theta_n) \right. \\
 &\quad \left. + 2 \left\{ \sum \frac{E_n}{\sqrt{R^2 + n^2 \omega^2 L^2}} \sin(n\omega t + \theta_n) \right\}^2 \right]
 \end{aligned}$$

第一次高調波（基本交流波）の一周期に対する平均値 F は

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{1}{T_1} \int_0^{T_1} f dt \\
 &= K \left[\frac{E_0^2}{R^2} + \sum \frac{E_n^2}{R^2 + n^2 \omega^2 L^2} \right] \\
 &= K(I_0^2 + I_1^2 + \dots\dots\dots) \dots\dots\dots (5)
 \end{aligned}$$



第4圖 (a) 周波数特性



(b) 周波数特性

但し $I_0, I_1, I_2, \dots\dots\dots$ は電流実効値とする。

自動電圧調整器の調整電圧・尾畑

自動電圧調整器はこの F を一定に保つ様に動作するものであるから、常に線電流実効値の二乗の緩和を一定にする様な特性を呈する。従つて負荷実効や發電機飽和の變化等によつて、含有される調波の次数及大きさが變化する場合には當然調整電圧値にも變化を生ずるから、以下その實効の程度を考えてみる。

4. 1 直流分を含有せぬ場合

含有される電圧瞬時値を次の如く表す。尚 E_1 は基本波實効値である。

$$e_1 = \sqrt{2} q_1 E_1 \sin(\omega t + \phi_1)$$

$$e_2 = \sqrt{2} q_2 E_1 \sin(2\omega t + \phi_2)$$

$$e_n = \sqrt{2} q_n E_1 \sin(n\omega t + \phi_n)$$

茲に q_n は n 次高調波の調波率で $q_n = E_n/E_1 \times$ ある。

従つて基本波に對しては $q_1 = 1$ となる。

電流の各調波分實効値は $m = \omega L/R$ とすると

$$I_1 = \frac{q_1 E_1}{R\sqrt{1+m^2}}$$

$$I_2 = \frac{q_2 E_1}{R\sqrt{1+4m^2}}$$

$$I_n = \frac{q_n E_1}{R\sqrt{1+n^2 m^2}}$$

であるから各調波分電流實効値の二乗の總和は

$$\begin{aligned}
 I^2 &= I_1^2 + I_2^2 + \dots\dots\dots \\
 &= \frac{E_1^2}{R^2} \sum \frac{q_n^2}{1+n^2 m^2}
 \end{aligned}$$

今基本波のみ存在する場合の調整電圧を E_{10} とし流れる電流を I_{10} とすれば

$$I_{10}^2 = \frac{E_{10}^2}{R^2} \frac{1}{1+m^2}$$

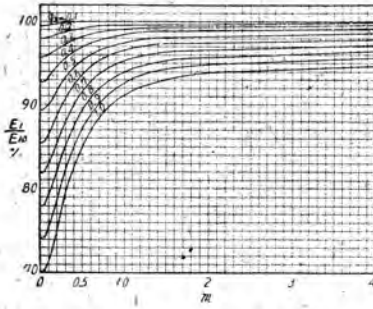
にして且 $I_{10}^2 = I_1^2 + I_2^2 + \dots\dots\dots$ である可きであるから

$$\frac{E_{10}^2}{R^2(1+m^2)} = \frac{E_1^2}{R^2}$$

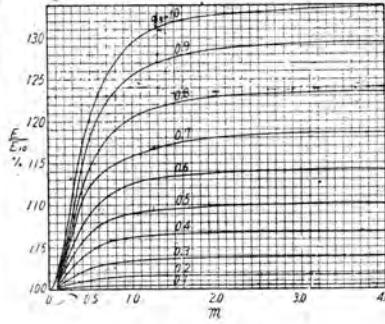
$$\sum \frac{q_n^2}{1+n^2 m^2}$$

$$\therefore \frac{E_1}{E_{10}} = \sqrt{\frac{1}{(1+m^2) \sum \frac{1}{1+n^2 m^2}}}$$

$$\dots\dots\dots (6)$$



第 5 圖 (a) 基本波電圧の変動



(b) 電圧実効値の変動

$$I_0 = \frac{E_0}{R}$$

$$I_1 = \frac{p_1 E_0}{R\sqrt{1+m^2}}$$

$$I_2 = \frac{p_2 E_0}{R\sqrt{1+4m^2}}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$I_n = \frac{p_n E_0}{R\sqrt{1+n^2 m^2}}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\therefore I^2 = I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots\dots\dots$$

$$\frac{E_0^2}{R^2} \left(1 + \sum \frac{p_n^2}{1+n^2 m^2} \right)$$

即ち 6 式は電圧調整器を使用中高調波を含有せざる發電機が高調波を含有するに到りたる場合、基本波電圧が如何なる割合で低下するかを示すものである。

一方高調波を含有する場合の電圧実効値 E は

$$E = \sqrt{q_1^2 E_1^2 + q_2^2 E_2^2 + \dots\dots\dots} = E_1 \sqrt{\sum q_n^2}$$

高調波を含有せざる時の電圧 E_{10} に對する割合を考えれば

$$\begin{aligned} \frac{E}{E_{10}} &= \frac{E_1}{E_{10}} \sqrt{\sum q_n^2} \\ &= \sqrt{\frac{\sum q_n^2}{(1+m^2) \sum \frac{q_n^2}{1+n^2 m^2}}} \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

誘導子型高周波發電機に於ては負荷の實効に依り電壓波形が變化することがあるから、電圧調整器を設けても電壓計指示に變化を生ずることがある。

高調波が第 3 次の場合 6 式及 7 式は

$$\frac{E_1}{E_{10}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1+m^2}{1+9m^2} q_3^2}} \dots\dots\dots (6')$$

$$\frac{E}{E_{10}} = \sqrt{\frac{1+q_3^2}{1 + \frac{1+m^2}{1+9m^2} q_3^2}} \dots\dots\dots (7')$$

第 5 圖は 6' 及 7' に就ての計算結果を示す。

4. 2 直流電圧が交流分を含有する場合

各電壓瞬時値を次式にて表す。 E_0 は直流電圧で且

$$p_n = E_n/E_0 \text{ とする。}$$

$$e_0 = E_0$$

$$e_1 = \sqrt{2} p_1 E_0 \sin(\omega t + \psi_1)$$

$$e_2 = \sqrt{2} p_2 E_0 \sin(2\omega t + \psi_2)$$

$$\dots\dots\dots$$

$$e_n = \sqrt{2} p_n E_0 \sin(n\omega t + \psi_n)$$

$$\dots\dots\dots$$

各電流實効値は

交流分を含有せぬ場合の電圧を E_{00} とし電流を I_{00} とすれば

$$I_{00}^2 = \frac{E_{00}^2}{R^2}$$

而して $I_{00}^2 = I^2$ なる関係があるから

$$E_{00} = \sqrt{\frac{1}{1 + \sum \frac{p_n^2}{1+n^2 m^2}}} \dots\dots\dots (8)$$

これは自動電圧調整器使用中の直流發電機が交流分を含有する様になつた時の直流分電圧遞減の割合を示して居る。

又交流分を含有する直流電壓實効値は

$$E = \sqrt{E_0^2 + E_1^2 + E_2^2 + \dots\dots\dots}$$

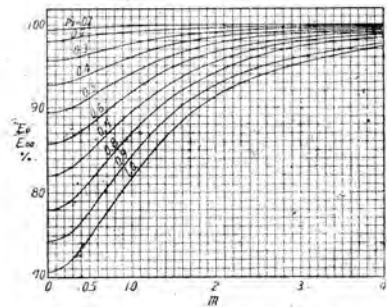
$$= E_0 \sqrt{1 + \sum p_n^2}$$

$$\therefore \frac{E}{E_{00}} = \frac{E_0}{E_{00}} \sqrt{1 + \sum p_n^2}$$

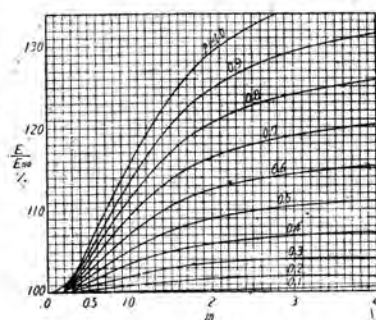
$$= \sqrt{\frac{1 + \sum p_n^2}{1 + \sum \frac{p_n^2}{1+n^2 m^2}}} \dots\dots\dots (9)$$

交流分が第一次交流波のみの場合には

$$\frac{E_0}{E_{00}} = \sqrt{\frac{1+m^2}{1+m^2+p_1^2}} \dots\dots\dots (8')$$



第 6 圖 (a) 直流分電圧の変動



(b) 電壓實効値の變動

$$\frac{E}{E_0} = \sqrt{\frac{(1+m^2)(1+p_1^2)}{1+m^2+p_1^2}} \dots\dots\dots (9')$$

を得る。第6圖はこの計算結果を示す。普通直流發電機の速度は交流機の場合程一定でないから交流分の影響は周波數變化に依る特性も加味されたものとなる。又交流分の次數は基多いから實際には第6圖より複雑なものとなる。

以上の計算結果からみると、電壓實効値は m の小さい場合に變動少く、又基本波電壓又は直流電壓は m の大きい場合に變動が少い。茲に於て自動電壓調整器は實効値を目的とするものであるが、基本波電壓を目的とするものであるかを検討する必要が生じて来るが、單に抵抗負荷を對照とするならば實効値を問題にすべきであり、然らざれば基本波又は直流電壓を對照とすべきである。多くの場合發電機の電源使命は効力設備の勢力源にある場合が多いから高調波特性を云々する限り m は大きい方が望ましい。

5. 電流に依る補償特性

横流補償又は電壓降下補償を行う目的を以て電壓應動要素に電流線輪を備えた自動電壓調整器の調整電壓は、電流の位相及補償効果の程度に依て著しく異なるものである。今第7圖に於て

H_e = 電壓線輪に依る起磁力

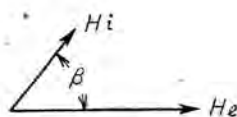
H_i = 電流線輪に依る起磁力

とし兩起磁力間の位相角を β とすれば合成起磁力 H は

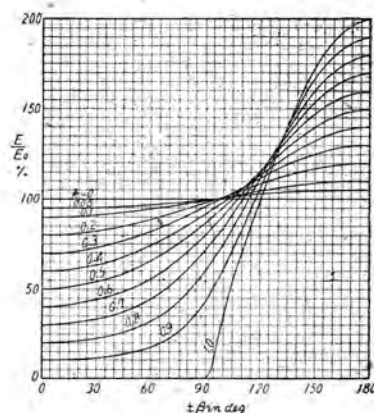
$$H = \sqrt{(H_e + H_i \cos \beta)^2 + (H_i \sin \beta)^2}$$

自動電壓調整器はこの合成起磁力を一定に保つべく動作するものであつて、これは無負荷時に於ける調整電壓に依て電壓線輪に至する起磁力 H_0 に等しい。

$$\therefore \frac{H}{H_0} = \sqrt{\left(\frac{H_e}{H_0} + \frac{H_i}{H_0} \cos \beta\right)^2 + \left(\frac{H_i}{H_0} \sin \beta\right)^2} = 1$$



第 7 圖



第 8 圖 補償裝置附調整器特性

$$\therefore \frac{H_e}{H_0} = \sqrt{1 - \left(\frac{H_i}{H_0} \sin \beta\right)^2} - \frac{H_i}{H_0} \cos \beta$$

H_e, H_0 は夫々負荷時電壓 E 及無負荷時電壓 E_0 には比例するから $H_e/H_0 = E/E_0$ と考えることが出来る。又 H_i/H_0 は負荷時の電流に依る起磁力と無負荷時電壓線輪起磁力との比であるから、これを補償係数とし k にて表わせば

$$\frac{E}{E_0} = \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \beta} - k \cos \beta \dots\dots\dots (10)$$

として任意の負荷時調整電壓の無負荷時電壓に對する割合を知ることが出来る。

第8圖はこの計算結果である

6. 結 言

以上自動定電壓調整器の調整電壓に變動を與える原因と調整電壓との關係に就て比較的處理の容易なものについて述べたが、原因となる事項はこの外にも數々あることであらう。又之等の原因も單獨に存在することは少く同時に組合わされて存在するものであるから、實際の現象が更に複雑なものになることも自明である。要は目的とする電壓以外の事項が電磁力に變化を與えるならば、それが調整電壓に變化を與える原因となる。

又圖示した計算結果は現用されて居ない範圍迄示して居るが、それは電壓調整器が往々特殊の用途に對して利用されることもあるので、その爲に記載したまでのことである。尚回路定數の選定は、要求される電壓調整器の精度及び特性に依て決定すべき問題であるから、茲に結論を述べる必要はあるまい。唯この小文が電壓調整器の進歩に役立つならば幸である。

静電容量及び自己誘導直視装置

本報告は容量又はインダクタンスの値をブラウン管螢光面上の縦線の位置にて表示し、其の縦線の移動によつて値の変化を直視し得る測定器の原理を述べ、試作器の各部の機能について説明する。試作した測定機の測定範囲は容量値にして 0~400 P.F. 比較精度は 0.1 P.F. である。尚測定範囲は内蔵した主蓄電器の容量に依つて決定するものである。

伊丹製作所

津 村 隆
飯 川 三 郎

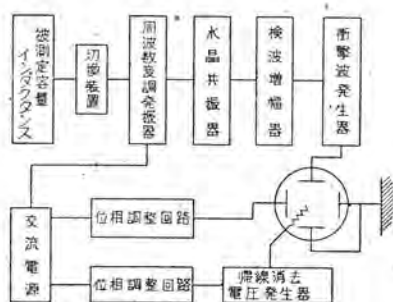
1. 緒 言

通信機の可變蓄電器の容量値又は線輪のインダクタンス値を測定するに、從來迄は刻々に變化する値を直視しつつ測定する事は困難であつたが、筆者等の試作した直視装置に依り之が容易に可能となつた。即ちブラウン管面に容量値又はインダクタンス値を垂直な線として表示し、

此の線が値の大小に従い左右に移動する如くする。もし別個の容量値、インダクタンス値を比較測定する場合にはスイッチにより兩者を切換えて測定を行えば相互の値の差が縦線の位置の差によつて表示され、連動可變蓄電器の容量調整或はインダクタンス調整を行う事が至極容易となる。

2. 原 理

被測定量或はインダクタンスを同調回路の一部に含む様な發振回路を作り、此の發振周波数を電源周波数で周波數變調をなし此の出力を水晶共振子に印加すれば、發振周波數が水晶共振子の固有周波數と合致した時、共振子の兩端に衝撃の電壓を發生する。之を檢波増幅次に豫め電源周波數と同じ周波數で發振する様な弛張振動發振器に偏倚電壓をかけ發振を抑壓しておけば、前記檢波増幅された衝撃電壓が入つて來た場合、之と同期した衝撃波を發生しブラウン管の垂直軸に加えられる。横軸は電源周波數によつて掃引されてゐるので上記縦線はブラウン管面上に停止して表示され、發振器の中心周波數の變化により其の位置を左右に移動する。後述の如く周波數變調發振器の磁氣回路のヒステリシス現象により周波數



第 1 圖 系統圖

増加の場合と減少の場合、同一勵磁電流に對して同一周波數を得られない爲横軸上の縦線が二本現われるので、之を除去する必要から發振周波數が増加する場合か、減少する場合か何れか一方のみ描かしめ他方向の場合其の期間ブラウン管格子に負電壓を與え輝度變調を行つて歸線を消去せねばならない。

3. 各部の構成及び機能

本測定器は第 1 圖に示した様に周波數變調發振器、水晶共振子、檢波増幅器、衝擊波發生器、ブラウン管及び位相調整回路、切換裝置により構成される。

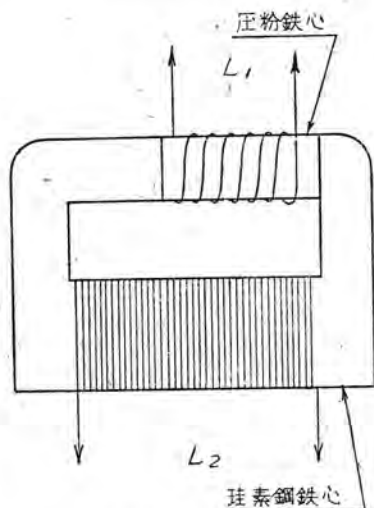
(1) 周波數變調發振器

被測定容量又はインダクタンスを同調回路の一部に含む發振器で、第 2 圖に示す如く、同調線輪 L_1 の巻かれてゐる高周波壓粉磁心を普通の珪素鋼鐵心を以て圍み、之に勵磁線輪 L_2 を約 30H 程巻いてある。珪素鋼鐵心は既製變壓器鐵心を切つて利用したもので要するに高周波壓粉鐵心と珪素鋼鐵心とが一つの磁氣回路を形成すればよいのである。第 3 圖は勵磁線輪 L_2 に電流を通して其の電流對周波數曲線を示したものである。此處に注意せねばならぬ事は電流加減の方向によりヒステリシス現象が現れる事で後述の様に歸線消去裝置が必要となつて來る。

第 4 圖に示す様に中心周波數を決定する爲に勵磁線輪 L_2 に直流 I を流し、之に振幅が I を超えない様な交流を重ねてやれば、印加された交流電壓に約 90° 遅れて電壓波形と相似の周波數變調波を得る。直流の多少で中

心周波数の移動を行い交流の多少によつて變調周波數範圍の加減(精度・感度の増減)を行わしめる。

(2) 水晶共振子及び檢波增幅器發振器陽極出力を全面的に水晶共振子に加えると固有周波數以外の點でも複雑な振動をなして衝擊波發振を不安定にするので適當に減衰させて水晶に印加する。之を檢波增幅した時の波形



第2圖 發振用變壓器

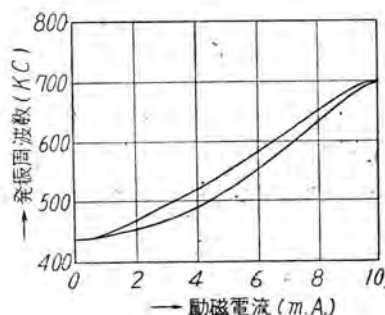
の推移を第5圖に示す。(A)圖は發振周波數が水晶共振子固有周波數と合致した時、(B)は之を檢波した波形、(C)は(B)を増幅した波形である。

(3) 衝擊波發生器

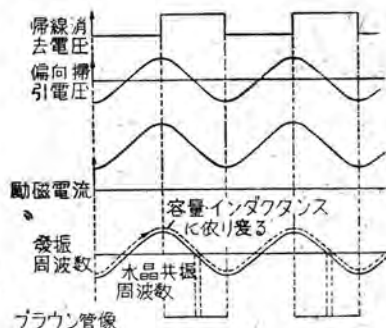
UZ6C6のグリッドとスクリーングリッドに依り60 \sim の弛張振動發生器を構成し、その回路條件を發振の寸前にある様にして置き、第5圖の(C)電壓を格子に加うれば(C)電壓に同期して弛張振動が發生する故之を微分回路に依り取り出せば完全な衝擊波(D)を得る。此の衝擊波の幅は見かけ上の精度を決定するものであるが實驗的には容量に換算して0.1 μ F以下となり陰極線スポットの幅と同一の幅の縦線として現す事が出来る。

(4) 歸線消去電壓發生器

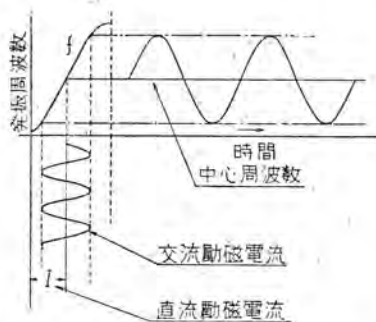
電源交流電壓を過飽和電壓增幅器に依り矩形波電壓を作り、半周期の間ブラウン管の格子に陰極線遮斷負電壓を加えて螢光面の歸線を消去しヒステリシス現象の寫影像



第3圖 ヒステリシス現象



第6圖 各部位相關係



第4圖



第5圖 波形圖

が二本現われる事を防止する。

(5) 位相調整回路

可變抵抗と容量とに依り各部の位相關係を第6圖の様に歸線消去及び衝擊波影像の位相を調整する。

(6) 切換裝置

本測定器の縦線の指示は直流勵磁電流、內藏主蓄電器の容量に依り變化する故、之等を正確に規定、較正しない限り容量、インダクタンスの絶對値測定は誤差が多い。従つて比較測定を行うを有利とする關係上、モーターに依り自動的に被測定物の切換を行う様に裝置した。標準容量(又はインダクタンス)と被

測定容量(インダクタンス)を切換えて、此の二つの縦線が合致すれば同一の値である事を示し間隔ある場合は其の距離から値の差を直視出来る。

4. 結 言

本測定器は其の性能上二連或いは三連空氣可變蓄電器、及びラジオ用同調線輪並に發振線輪の調整に最適である。線輪は捲き乍ら測定出来るので、本測定器と捲線機とを組合せて製作した。線輪は其の線の太さ、ボビンの大小にかゝらず全く同一のインダクタンスが得られる。よつて本測定器の活用は量産化された現ラジオ製作行程に大いに貢獻するものと信ずる。終りに當り本機の研究試作に協力された谷口技手の勞に對し厚く感謝する次第である。尙、本研究は筆者等が前任地研究所に勤務時に行いたるものであつて、當時關係された諸賢に謝意を表するものである。

鑄物埋込型熱板

鑄物埋込型熱板は表面が平らで裏面に渦巻状の溝を彫つた鑄物を使用し、この溝の中に發熱線を絶縁して堅く埋込んだものである。すなわち露出型熱板の缺點を根本から解決しようとしたものであり従つて露出型と比較して多くの相異點を持つてゐるのである。本稿は露出型熱板と埋込型熱板を比較してその相異點や改良點に就いて述べたものである。

名古屋製作所 田村弘治郎

1. 緒言

日常吾々が最も親しんでいる熱板は、第1圖の寫眞に示す様な陶器の溝の中に發熱線を入れたものである。この露出型熱板は廉價である上、修理が簡単である等の長所があるために現在廣く使用されているのである。然し乍ら發熱線が露出しているので容器や人體に接觸する危険が多い。又料理の際汁がこぼれたりして汚れるばかりでなく機械的にも弱いので熱板が割れたり發熱線が切れたりする。これ等の缺點を補うために露出型熱板の表面を鐵板で覆うことも考えられる。然しこれは能率が甚しく低下し又發熱線も露出型の場合より高温となる結果壽命を短縮する等却つて多くの缺點を生じるものである。

鑄物埋込型熱板は斯様な缺點を根本から解決しようとしたもので、その構造は表面が平らで裏面に渦巻状の溝を彫つた鑄物を使用しこの溝の中に耐熱絶縁物粉末で發熱線を包み高壓を加えて埋め込み後高温で焼結したものである。従つて發熱線は鑄物から完全に絶縁され且堅く溝の中に固定されるのである。第2圖は埋込型熱板を使用した七輪の寫眞である。これから見る様に熱板は堅牢であり、發熱線に接觸する危険もなく又表面は常に清潔に保つことができるのである。

上記の様な構造をもつ埋込型熱板の絶縁物は高温で發熱線と密着しているため、その品質は耐熱である上熱傳導度のよい絶縁物でなければならない。又工作上では絶縁物の氣孔率が大きいと熱傳導度を減少し絶縁物に高い温度傾斜を作るから發熱線は高温になつて壽命に影響する。尚吸濕の原因ともなるから絶縁物の選擇は勿論、高壓で壓搾成型し更に高温で焼結する等の注意を拂つてゐるのである。すなわち埋込型熱板は絶縁物を介しての傳導熱と表面からの輻射熱との兩方で熱を傳達するのである。

電氣レンジ用の埋込型熱板の單體は第3圖の寫眞に示す様な挿込式端子をもつてゐるから、故障とか手入の際には簡単に抜き差しができるものである。第4圖は埋込型熱板を取り付けた CR-3 型電氣レンジの寫眞である。以下露出型熱板と埋込型熱板の製品に就いて、寸法、容量、温度上昇、能率、絶縁抵抗等の比較を行いその相異點や改良點を述べてみたいと思う。

2. 寸法及び容量

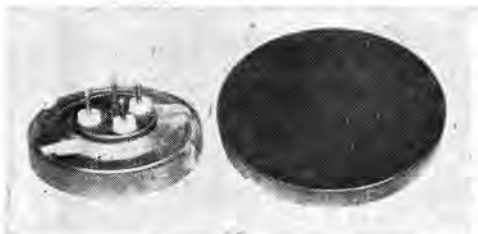
鑄物埋込型熱板の外形寸法は第5圖に示す通りである。外径200耗は1.2kW 250耗は2.0kW とした。従つて熱板表面の單位面積當り容量すなわち表面負荷率は3.82及び4.08 W/cm²である。この數字は日本電氣規格に定められた露出型熱板と略同じ値である。我が國に埋込型に就いての規格はないがドイツ工業規格によると3.55~4.83の値を採用しているし、又アメリカでは6.0位に多くとつてゐるものもある。この表面負荷率を大きくとれば勿論強火となり温度上昇も速くなる。然しこのために發熱線の壽命を短縮するならば効果は半減するのであつて發熱線の品質が大いに問題になつてくる。戦後我が國の發熱線の質は著しく低下し露出型熱板で平均2か月の使用に耐えない状態である。下記の試験に使用した熱板は露出型埋込型共直径200耗、容量1.2kWのものであり、日本電氣規格の値に準じて製作したものに就いて比較を行つた。



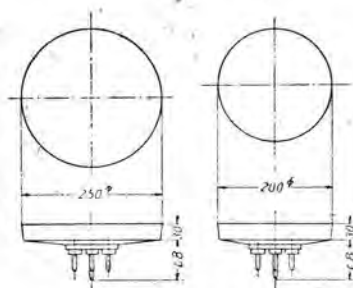
第1圖 露出型電氣七輪



第2圖 鑄物埋込型電氣七輪



第 3 圖 電氣レンジ用鑄物埋込型熱板



第 5 圖 埋込型熱板外形圖

3. 熱板表面温度上昇及び分布

埋込型熱板を空燒の状態にして表面に 4 點をとり表面温度計で温度上昇を測定しその結果を第 6 圖に示した。埋込型は露出型に比し熱容量が大きく且熱は絶縁物を介して傳達し、熱板表面は一定温度を示すに 35~40 分かかる。然しその温度分布は平均し最高最低の差は 70 度以内である。斯様に發熱線を絶縁物の中に埋藏することは發熱線が局部過熱の危険少く且酸化を防止し壽命を保つ上に有効である。又強火にした際露出型の様に温度差によつてフライ鍋等を反らせる傾向もなくなつてくる。露出型熱板では 5 分位で發熱線は一定温度に達し直ちにその輻射熱を利用し得る。然し埋込型の發熱線温度は第 6 圖の曲線と同一歩調で上昇する。従つて鐵クロム線の様な温度に比例して抵抗が増加する抵抗温度係数をもつた發熱線を使用すると容量の一定値を得るのに約 30 分を要する不便がある。この點からも埋込型では 500~800 C° に於て抵抗の變化が少い温度對抵抗曲線を有しているニッケルクロム抵抗線一號を使用すると早く一定値を示すので都合がよい。

以上のことから埋込型熱板は熱容量が大きいのて、温度上昇は遅いけれども温度分布が一樣な上發熱線の酸化を防ぐので壽命が長いといふことができる。

4. 能 率

第 7 圖に示す様な 2 種類の鋼板製容器を使用して埋込型と露出型の能率を比較した。水温は 18°C から始めて沸騰する迄とし、水量は 1.2 l、入力は 1.2 kW 一定とした。この湯沸し所要時

間の比較は第 8 圖の曲線の様になつた。圖に於て露出型では底の凹んだ B 容器を使用した場合の所要時間は 14 分 50 秒であり、熱板と密着する A 容器を使用した場合は 13 分 20 秒であつて湯沸し所要時間を 90 % に短縮するに過ぎない。このことは露出型が殆

んど輻射熱の利用であつて傳導熱の利用は少いことを意味している。これに反し埋込型では輻射熱と共に傳導線も大いに利用しているのであつて、圖からみる様に熱板の表面とよく接觸する A 容器と組合せると 18 分 10 秒ですみ B 容器と組合せた場合の 26 分 30 秒に對し 68.5 % の所要時間でよいことになる。

然し乍ら A 容器との組合せに於ても埋込型は露出型に對し約 73 % の能率に過ぎない。この様に埋込型が露出型より多くの時間を要するのは熱容量の大きいため始動に際して熱が蓄積されるからである。すなわちそれだけ蓄熱量が多いのだから次の様な場合には非常によく。今兩熱板を 40 分空燒して定常状態になつた後同様の試験をした結果は第 9 圖の様に、埋込型は蓄積した熱を放出するから露出型の 8 分 20 秒に比し 5 分 10 秒であつて約 62 % の時間で済むのである。

次に 100 °C の水 2 l を容器に入れこれを加熱蒸發させその減量を測定比較した。第 10 圖の曲線に示した様に埋込型の始動が露出型に比して遅いことは第 8 圖と同様である。更に時間が経過すると埋込型は保温効果が上るのでその後の瞬時能率はよくなり、曲線は急上昇し約 80 分で兩者共同一蒸發量になつて全能率は一致する。この後は埋込型が露出型よりよいのである。

以上のことから能率は熱板と容器との組合せ及び使用時間によつて異なり、表面と密着する容器を選ぶことによつて埋込型は露出型より能率よく使用されるのである。



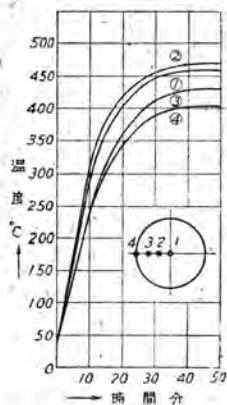
第 4 圖 CR-3 型電氣レンジ

5. 絶縁抵抗

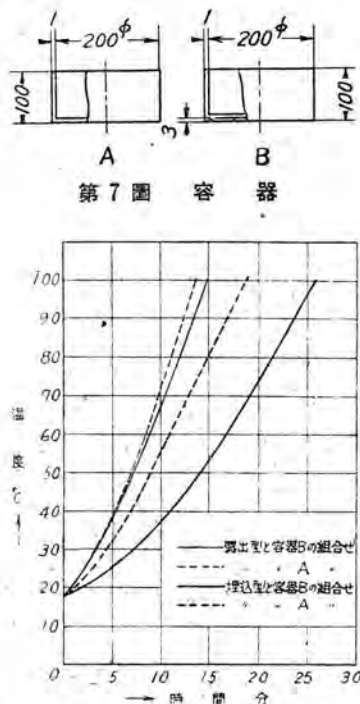
電熱器類は湿気と熱という悪い条件の下で使用されるので絶縁の問題は重要である。この試験に使用した熱板も前と同様であつて露出型は第1圖の寫眞の様によく焼成されているのである。従つてこの絶縁抵抗は空中の湿気によつて直接影響を受けるいわゆる表面漏洩抵抗が主なるものである。然し埋込型の絶縁物は耐火度高く且熱傳導度良好な結晶粒を使用する等の関係から幾分多孔質となることは避け難い。よつてその空気との接觸面積も廣くなり湿気の影響も多くなるのである。

第11圖は兩熱板を約75%湿度に保つた場合の時間に対する絶縁抵抗變化の状態である。熱板は試験前何れも200 MΩ以上のものを使用したが圖からみる様に露出型は3時間で2.5 MΩに低下し、その後は測定時の僅かな湿度の差によつて常に上下して圖の様な曲線を書くのである。これは單に表面の吸着水分によるため乾燥した空中に出すときは直ちに絶縁はよくなるのである。この様に周囲の湿度によつて常に變化する露出型に反し埋込型Aは200時間を経過しても尙10 MΩという値である。埋込型Aは絶縁物の表面を硝子狀に焼成して水分の浸入を防止したものであるが、この防湿處理をしないものは埋込型B曲線の示す様に徐々に低下し200時間後0.1 MΩに下る。

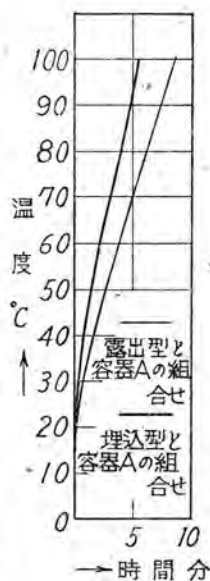
次に兩熱板を85%湿度に時間保ち各々1及び0.6 MΩの如く絶縁の降下したものを使用し、これに定格100 Vを加えて



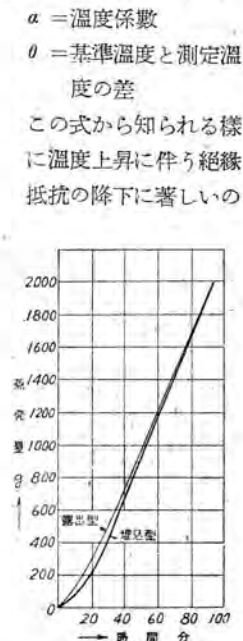
第6圖 表面温度上昇



第8圖 沸騰し所要時間 (通電と同時に)



第9圖 沸騰し時間 (通電40分後)



第10圖 蒸發量の比較

その絶縁抵抗の變化状態を比較した。通電時間に對する絶縁抵抗の變化は第12圖に示した。圖からみる様に埋込型は通電1分位で吸着水分が蒸發脱散するため絶縁抵抗は急激に増すのである。この後直ぐに降下し3~4分を経過する頃抵抗値は不安定になつてくるが、これは内部に浸入した水分が温度上昇によつて電導度を増してきたためと解せられる。更に7~8分では湿気は全部放散して最高絶縁抵抗値に達するのである。

すなわちかなり水分を吸着した熱板でも通電すると7~8分で完全に絶縁抵抗は恢復するのであつて、熱板に於ての水分吸着に依る絶縁抵抗の問題は電動機のような他の電気機器に比しいささか趣が異なるものである。

露出型熱板でもこの傾向は圖の如く埋込型と略同様であるが絶縁不安定の個所がないか又は20分前後に僅かに起るものがあり、これ等は湿気吸着状態の相異を示すものである。

次に熱板が熱せられた場合兩熱板の絶縁を比較してみたい。絶縁物が熱せられて高温になるに伴い絶縁抵抗は對數的に減少していく、すなわち次の様な一般式で表わされるものである。

$$R_\theta = R_0 e^{-\alpha \theta}$$

式中 R_θ = 測定温度に於ける絶縁抵抗

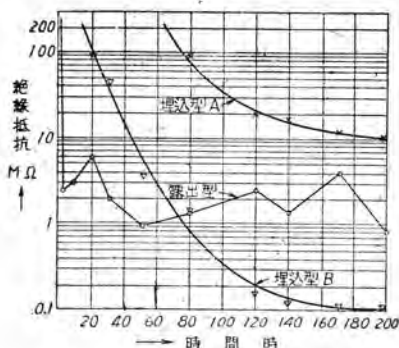
R_0 = 基準温度に於ける絶縁抵抗 (例えば 0°C)

e = 自然對數の基數

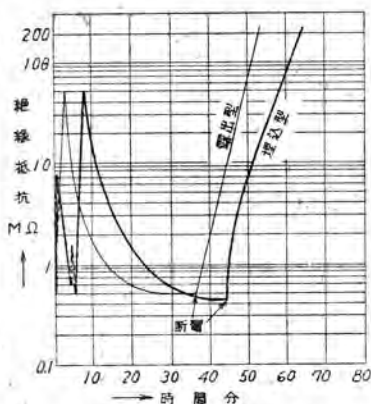
α = 温度係數

θ = 基準温度と測定温度の差

この式から知られる様に温度上昇に伴う絶縁抵抗の降下に著しいの



第 11 圖 湿気と絶縁抵抗の関係



第 12 圖 通電と絶縁抵抗の関係

である。例えばアルミナ磁器やペリクレーズ質磁器の如きも、体積固有抵抗は 300°C で $10^{13} \Omega \text{cm}$ あるものが 500°C では $10^{10} \sim 10^{11}$ に低下する。又電熱用陶器類では上と同じ温度で $10^8 \sim 10^9$ が $10^6 \sim 10^7$ に低下するといわれている。この温度上昇に伴う絶縁抵抗の降下は避けられないのであつて、兩熱板の絶縁抵抗の差異は第12圖の通電時間に對する絶縁抵抗の變化狀態からも比較することができる。

圖からみる様に埋込型では通電 7~8 分で最高絶縁抵抗値に達しこの後は熱板の温度上昇に伴つて徐々に降下して $0.45 \text{ M}\Omega$ になる。この低下狀態は前式の温度係數によるものであつて、35~40 分で一定値を示すところは第6圖の温度上昇曲線からも判斷されるところである。最低抵抗値になつた後断電すると急激に絶縁はよくなり約 18 分で $200 \text{ M}\Omega$ に達するのである。

露出型でもこの傾向は埋込型と同様であるが發熱線は熱板との接觸面少く且温度も低いので、絶縁物の品質はかなり劣つてゐるのであるが埋込型と略同様の傾向をたどり最低絶縁抵抗値 0.5 meg. を示している。これ等の値は何れも家庭用電熱器に要求される絶縁抵抗の規格値以上である。

次に露出型熱板の表面を鐵板で覆つて發熱線を隠蔽した場合の絶縁抵抗は前記 $0.5 \text{ M}\Omega$ から $0.03 \text{ M}\Omega$ に低下するのである。これは熱板が更に温度を上昇し且ケースとの接觸面積を増したためであるが、これ等絶縁抵抗値の比較からも埋込型の絶縁物が露出型のものとは根本的に相異しなければならないことが判るのである。

この様に絶縁の低下した場合露出型では表面を保護して感電から避けることはむづかしいけれども、埋込型を使用したレンジ等に於ては第3圖の寫眞に示す中心の案

内ボルトが完全な接地端子となり、熱板表面を大地と同電位に保ち得るから感電の危険は決してないのである。

以上絶縁抵抗の問題は、濕氣に對して露出型が常に周囲の濕度に左右された抵抗値を示すのに反し埋込型は徐々に影響を受けるのである。吸濕した熱板は他の電氣機器と異り何れも通電する事に依つて簡單且完全に恢復することができる。又温度上昇に伴つて絶縁抵抗が降下することは避けられないが埋込型で

は完全に接地することができるので感電の危険は絶対にないのである。

6. 結 言

露出型熱板の長所は廉價であること、修理がし易いことと熱の始動速度が速いこと及び容器の形狀による能率の差が餘り甚しくないこと等である。缺點は汚れ易く不衛生であること、機械的に弱いこと、發熱線が保護されていないため酸化とか接觸とかによつて壽命を早め且感電の危険が多いこと等である。

鑄物埋込型熱板は露出型熱板の缺點を根本から解決したものである。すなわち堅牢であること、衛生的であること、發熱線は酸化とか接觸とかによつて壽命を早めることがなく感電の危険もないものである。その上温度分布が平均し且蓄熱量が大きいので通電しておいて間歇的に使用する等その特性を利用せば非常に有利であり、高級レンジ用として大いに歡迎されるものである。

更に熱の始動を速くすることが非常に望まれるのであるが、このためには輕量にし表面負荷率も多くとつて、熱板表面を更に高温にして傳導熱と共に輻射熱も多く利用する様にしなければならない。斯くすることによつて熱の始動速度が速く且容器に依つて餘り甚しい影響を受けない高能率の熱板となるわけである。W.H 社の Corox G.E 社の Calrod 等最近の熱板は何れもこれ等の點に大きな努力が拂われたものである。

終りに種々御援助を賜つた各位に對し厚く感謝する次第である。

三菱 PC-101 型 クリスタル ピックアップ

終戦後電気蓄音機に対する一般の関心が深くなつて、より良い音の再現と云うことがその一つの目標となつて来た。之に對して最も重要な部分の一つにスピーカー及びピックアップがあるがこのピックアップに對して當社の PC「101」型を例に取り簡単に検討説明を加えてみる。

研 究 所 近 藤 敬 吉

1. 緒 言

ピックアップとしては既に電磁型ピックアップが我々になじみが深いがこの型はその機構上磁石、電磁線輪等を有して構造が複雑となつてゐる上に貴重資材を使用しているから現下の状態ではかかる重要資材を必要としない機構のものが要求されるわけである。

クリスタルピックアップは以上の様な要求を充すと同時に又下記の様な特長を持つてゐる。

1. 構造簡單である
2. 輕量小型に製作出来る
3. 周波数特性の改善が容易である
4. 出力が大きいこと

かかる特長を應用取入れたのが三菱「PC-101 型」である。



ピ ッ ク ア ッ プ 取 付 圖

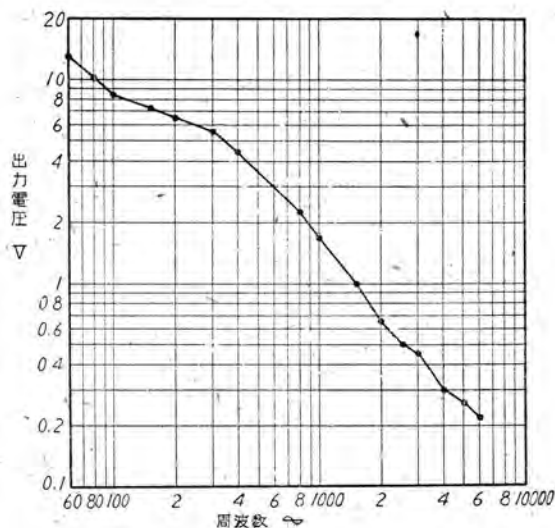
2. ロッシェル鹽ピックアップとその構造

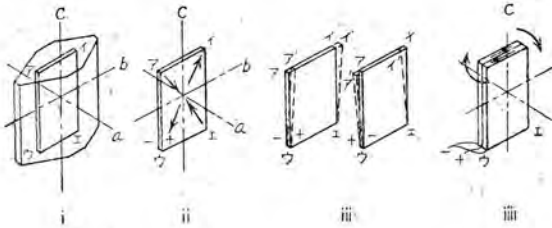
ロッシェル鹽の性質等については既に本誌等に於ても詳細に述べられてゐるのでこゝでは省略する。

唯壓電機構について簡単に述べると第1圖の如くである。即ちロッシェル鹽結晶 (i) 中よりアイウエなる矩形板を切り取る (ii) の如くである。今この平板アイウエの a 軸の方向に直流電壓を印加すると、壓電現象により b, c 軸と 45° の方向に歪を生じ平板は變形する。もしウエ邊が固定しておけばアイ邊はア'イ'に移動し剪斷歪を生じ (iii) に示した如くなる。又逆にウエ邊を固定してアイ邊にその方向に力を加える時は平板の兩側に直流電壓が誘起する。又その力が一方向でなく交互に動く如き力なれば生ずる電壓もそれに應じた交番電壓となる。斯くの如き結晶板二枚を (iiii) の如く互に反對になる如く貼り合せ、その中間及び兩側に錫箔を以て電極を形成すれば、機械力→電壓の關係は圖示の如くなつて振振動を與えれば中間電極と外側電極間には交番電壓が生ずる。

以上の様に二枚貼合した結晶素子をバイモルフ型振動素子と云い、ピックアップの主體をなすものである。此の

振動素子の一端に振動軸、針を取付けこの針をレコード上を走らせる時はレコードの音溝の振動に應じた振動が結晶に傳達され振振動を與えることになる。その結果中





第 1 圖



第 2 圖

央電極と外側電極にレコードの刻まれた波形と同様な電圧が生ずるから之を適當な増幅器に依り増幅すればよい、之が所謂クリスタルピツクアップの一つの例である。

次に第2圖は三菱 PC-101 型の外観圖である。このピツクアップは針先にはサファイア針を使用してその針先重量は、針先の摩耗、レコードの損耗を最小にするために非常に輕量に設計され約 25~30 瓦となつている。針先の丸味、レコードに對する角度も充分吟味されていて、その寶石針としての機能を良く發揮出来る様にしてある。

クリスタルユニットは第3圖に示す如きカートリッジに收容され、針、振動軸及び結晶素子の組立も圖の通りである。然して之等の中に使用されている部品の中でゴム類はその影響する所が大きいのでその性質は特に注意して長年月に亙り劣化の恐れのないものを選ばねばならぬ。又結晶素子を濕氣及び過度の乾燥から保護し、その性質が變化しない様に防濕被膜を特殊ワニスで處理して形成されている。

又このピツクアップはロッシェル鹽の性質上 40°C 位の溫度迄は良好に働作するがそれ以上に於ては急激に感度が低下し、55°C 以上に長時間放置すると結晶が破損するから注意すべきである。然し我々の日常生活に於て

55°C 以上に溫度が上がると云うことは殆どその機會がないと考えられるが唯日光の直射等をさけるべきである。

3. ロッシェル鹽ピツクアップの電氣的特性

この型のピツクアップは振幅に比例した出力となる所謂振幅型特性を有するものであつて、電磁型のそれとは趣を異にしている。又レコードの吹込は普通 400~ を境としてこれ以上の周波數で定速度録音（周波數が高くなると振幅が小さくなる、即ち $f \times A = \text{Const.}$ ）をなし、これ以下の周波數では定振幅録音（周波數に無關係に振幅が一定となつてゐる）をなしている。

次に示す特性曲線はテレフンケン周波數標準レコードに依り測定した。このレコードは 60~ より 150~迄は 19m/n/sec. で 200~ より 6,000~迄を 75 m/n/sec. の定速度にて録音してある。それで曲線は



第 3 圖 (i)



(ii)

便宜上 75 m/n/sec に換算した値で示している。この曲線を第4圖に示す。曲線より明かな如く出力は略々振幅に比例しているが全體として平な特性を要求する場合には端子間に等化回路を接続して出力を補償してやればよい。この回路を入れると少し感度が落ちるが出力電壓が大であるから實用的に充分である。

5. 結 言

以上此の種のピツクアップはその構造が非常に簡單にして然も出力なり、或は特性に於ても實用的に充分であることを述べた。然し尙一層の性能を有するものゝ出現に我々の今後の努力を傾けたいと思う。

ミ シ ン 發 達 史 (補)

昭和 18 年 6 月から 19 年 1 月にかけて掲載したこの論文は、「三菱電機」の休刊と共に完結せずに終つたが今回本誌の復刊にあたりその削除した未発表の分を掲載する次第である。前回までは主として世界におけるミシンの發達について記述した。此編は眼を國內に向けて之を述べることとする。

名古屋製作所 伊 東 璋

前回までの内容梗概

第一編 總 論

ミシンと生活との關連、その發達の必然性、發達の總括的觀察等について述べ附録として裁縫の起源について記した。

第二編 ミシンの基礎研究時代

手縫の道具的研究から、かん縫が出来、本縫が出来、ミシンという形が生れる迄幾多の發明者が製作したミシンについて説明しその苦心談をも併記した。

第三編 産業革命と生産の發展

1. 生産の必然性
2. 生産技術の躍進
3. 各國における生産状況その他

産業革命を契機とした社會狀勢の變化によつて、ミシンの生産は異常な刺激を受け狂熱的膨脹を來した經過、並に之をなざしめた技術的根柢について論じその後各國における生産状況を記した。

第四編 淘汰の階程における性能高化の概観

異常な生産は遂に淘汰を呼び既にこの段階に入つたミシンが、近代的なものへと進歩し行く過程を縫機構の面から、又運轉系統の面から、更に又製作技術の面から、個々に例をとつて考察した。

1. 近年における發達の特徴
2. 針の研究と進歩
3. カマの發達
4. 天ビンの發達
5. 送り機構の發達
6. 運轉動力の發達
7. 傳導機構の發達
8. 給油装置の發達

9. 材料の發達
10. 加工の發達
11. 形態の變遷

第五編 現代のミシン

1. 近代の動向——單能機械化
2. 最近のミシンの例

近年における膨大な量の要求が普遍的な機械より特殊機械を分化發達させるに至つた事を論じ、最後に當時の最も進歩したミシン 4 種類 (400W, 112W, 612000C, 201-2) について説明を加えた。

第六編 日本における發達状況

1. 我國における發達の概観

我國を舞臺とするミシンの發達はそれ自體何ら見るべきものはない。唯この項に於て我々が學び取らんとする事は、主としてミシンをめぐり之を基として我國の社會狀勢が如何に進歩し來つたかという點でありこゝに我々の興味が集約さるべきである。既に總論に於て述べた如くミシンの意義はそれが生活に浸透し、社會の變化と技術の改革との因果を結ぶに在る以上かかる考察は決して無意味ではない。

我國に於てミシンをめぐり興味ある歴史的現象は幾多の文献に散見される。而し我々は單に之を摘出羅列して眺めるに止らず、進んで之等の現象の誘因とその相關性とを深く考察せねばならぬと思う。

萬延元年我國に初めてミシンが渡來して以來、慶應—明治—大正と大きな世の變化に對應してミシンは次第にその重要な役割を果して來た。それでも明治の中期迄は珍奇なものよと考えられる範圍を出なかつた様であるが日清日露等の戰役を経て次第にそれが實生活に浸透するに至つた。明治 25 年における輸入額に對して大正 9 年におけるそれが 25 倍に膨脹している點などはこの間の



第 61 圖 遣米使節ウイラードホテルにてミシンを見る

消息を物語っている。

然し我國におけるミシンは之まで壓倒的に外國品依存であつた。その國産化の如きは外國品の修理技術を基底としてやうやく大正の後期に始められたに過ぎない。而もその後の途は苦難に充ちたものであつた。之については後に詳述するが一體我國に於てかほど迄ミシン界の振わなかつた主要な原因は、未だに中世手工業的な範圍を出ぬ生活——従つて生産——の規模の小ささに在る様である。戦争という大きな變革に會つて國産ミシン界は一時活況を呈した。而し内的な缺陷を何ら解決する事なきこの一時的現象は、やがて敗戦という切換に際會して再び苦難の途に戻らねばならぬのではないかと思れる。

我國今後の工業に最も適したものゝ一つとうたわれ乍ら他面から前途を豫測される所に、將來解くべき幾多の問題が残されている様である。

2. ミシンの渡來

日本に初めてミシンが渡來したのは萬延元年のことである。

この年の正月、時の大老井伊直輔は新訂の通交條約批准のため、外國奉行新見豐前守正興、同村垣淡路守をアメリカ軍艦ポーバタンにてアメリカに差遣した。世に有名な萬延遣米使節が之である。

この時その護衛艦として軍艦威臨丸が差遣されたが之には軍艦奉行木村攝津守、艦長勝麟太郎、佐々倉相太郎



第 62 圖 中濱萬治郎

肥田濱五郎、小野友五郎× 96 人の人々が乗込み、萬延元年正月 19 日浦賀を出帆、波荒き太平洋を横切つて一カ月餘りの後 2 月 26 日サンフランシスコに入港したのである。

この使節の人々が初めてミシンというものを見たのであつた。

この遣米使節はアメリカで大いに歓迎され特にその服裝は珍しがられ、アメリカの一畫家はその模様を寫生して當時の新聞誌上に掲載した。「萬延遣米使節寫生集」には之等の繪が集録されているがこの中にウイラードホテルでミシンを使うアメリカ婦人のまわりに 4 人の使節が珍しげに覗き込んでいる様子を畫いたものがある。

第 61 圖はその繪を筆者がスケッチしたものである。こゝに用いているミシン

は先に第二編に於て説明したウイラー・ウィルソンミシンである。又、木村喜毅の「奉使米利堅紀行」の一節、3 月 11 日の記録にはサンフランシスコから北 7 里ばかりセクレメント河の流域マヤアイランドに於て、圖らずも招待された家で兒女の扱ふミシンを見てその巧妙なのに驚いた事が記されている。以下はその文である。

「……其後また其隣なる器械方士官タツナ氏屢余を招きしゆえ一日其宅にいたりしに夫妻大いに喜び其兒女を出し逢しめたり長女は歳十五次女は十二末女は十歳といえり、皆美にして頗る聰悟なり其十歳なりというも形大く居止大人のごとく也、余其兒女の物縫を見るに其器極めて簡便にして足にて踏めば機關自然に轉旋し緩急意のこく其奇巧なるに堪たり……」

使節の中に中濱萬次郎という通辯官（通譯）が加つていたが、彼は寫眞機と共にミシンを買求め同年 5 月 6 日品川に歸着するや之を世人に示した。之が我國にミシンが渡來した最初のものである。

中濱萬次郎は土佐の出身で萬次郎漂流記を以て世に知られた人である。14 歳

の時天保 12 年 6 月 27 日難船して漂流中をジョンハウランド號ホイットフィールド船長に救助され渡米し、暫く滞在の後歸國した。當時ベリーの通譯をして活躍した事は有名である。後に故郷の名に因んで姓を中濱と稱し幕臣となつた。

ミシンを我國に持歸つた一事のみでも萬次郎の功績は

高く評價されてよいが、猶賢明で進取的な彼は滯米數年間に咀嚼したアメリカの文化を我國に移入すべく大なる努力を拂つた。幾度もの失敗を克服して遂に我國捕鯨業の先鞭を開いたのも彼であり、海員の養成所を開いたのも彼であつた。慶應3年開成學校の英語教授となり、明治3年歐洲に出張同31年11月、72歳を以て歿した。

3. 洋服の發達とミシン

日本におけるミシンの發達とは輸入したミシンの利用の高度化であり、之は幕末から大正に至る迄の衣服の變遷洋服の發達と相關連して進んで來た。従つてミシンの發達の跡を顧るならばそれは直ちに洋服變遷史を語るに似たものがある。

我國における和洋混装時代は幕末より始つてゐる。文久元年正月には訓練の傳習生及び軍艦乗込みの御用方に對し洋服の制限を許可している。この時のものは所謂だん袋といわれるものである。この頃から職人の轉業する者が現れ、麹徳、館文、遠州幸などの「舶來屋」も出現し始め元治元年には横濱の大黒屋、京都の横濱室等の洋服店も現れるに至つた。

慶應2年7月には陸海軍には平服として一般には火事具の用として洋服を許可する様になつた。同3年には所謂マントルや半マントルが現れる様になり洋服流行の兆が萌すに至つた。

慶應4年、ドイツ人アーブルヒが一名横引ミシンというドイツ製のかん縫ミシンを輸入して初めて之を横濱のインデアスト商會に陳列販賣した。その價は一臺80兩米貨に換算して65弗と稱された。

同年2月、中外新聞第一號の廣告には次の様な記事が掲載されている。

西洋新式縫物器械傳習並に仕立物之事

右器械はシウイン マシネ 名づくる精巧簡便の品にて、近來舶來あり雖も用法未だ世に弘らず、依て去年官命を蒙り、横濱に於て外國人より教授をうけ、尙又海内利益の爲に、傳習相始候間望の御方は開成所へ御尋なさるべく候、付ては傳習の序、何にても注文次第廉價にて仕立物致すべく候、依て此段布告に及ぶものなり。

慶應四年二月 開成所に於て 遠藤辰三郎

之等の動きがミシンの發達に貢獻した事は確かであるが、最初は輸入の量が極めて少なかつたのと價の高かつた爲に餘り歡迎されなかつた。然し東京のミシン又、大

阪のミシン松、神戸の針安、下關のミシン高などの仲買人が現れるに至つて漸次各地にミシンを見る事が出来る様になつた。

明治2年には歐風化の兆が表れて來、4年には洋服着用の公許があり、同年10月に羅卒服が制定されるに至つて不統一乍ら洋服流行の始りとなり業界も漸く活動し出した。この時、日本橋に住んでいた木村與三郎は、横引ミシンの次に輸入され當時はまだ珍しい蝶貝ミシンを購入した。彼は之を各洋服店に持廻り一尺の縫賃3錢位の程度で「新式ミシン縫」という請負を始めた。

型紙手縫の當時であつたから「ミシンの與三さん」と大いに歡迎され之に倣う者も續出するに至つた。

次の廣告文は屢々引用されるものであるが當時の模様を偲ぶに興深い。

西洋衣服品々

奇ナリ妙ナリ世間ノ洋服類ニ普魯士ノ帽子ヲ冠リ足ニ佛蘭西ノ袴ヲハキ筒袖ハ英吉利海軍ノ裝ヒ股引ハ亞米利加陸軍ノ禮服婦人ノ禮袴ハ唐ニ屬テ窄ク大僕ノ合羽ハ腰ヲ過テ長シ恰モ日本人ノ臺ニ西洋諸國ハギ分ケノ鍍金セルガ如シコハ御客儀方ノ開ニアラズ事物ヲ知ラザル唐物ノ古着屋敷サナクハ袋物師ノ變化タル洋服仕立屋ノ所爲ナラン此度私店ニ於テハ西洋ノ仕立師ヲ召掛難紗ヲフレネル其外反物精製最上イマダ日本人ノ目ニ觸ザル程ノ名品ヲ本國ヨリ取寄御注文次第御銘々様ノ御身丈ニ合せ一分一厘ノ大小ナク仕立致シ查ノ外ハ一切手袋手拭ニ至ルマデ時々ノ流行ニ從ヒ正真正正洋服取揃極テ下直ニ奉差上候間多少ニ不拘御用被仰付被下置候様伏而奉希候

横濱五十二番
東京表参町

ロースマント
柳屋店

又開拓使日誌第4號12月の項には「……今般東京出張所に於て裁縫器械取立候に付願出候者は修行申付、追々成業の上北海道へ差遣可候」などとあつて當時の狀態が偲ばれる。

5年になると鐵道員服が出來、11月には禮服に洋服を採用するに至つて洋装模倣の熱が盛上つた。とんびが流行したのもこの年である。次の廣告は6年7月の「雜誌」に掲載されたものである。

「淺草光月町3番地時習社英紗師イウアンスの妻女、器械を以て裁縫することを教ふ。月謝5圓云々。」

明治7年には教員の洋服が制定されこの頃に至つてミシンの使用による大量生産の方途が漸くその緒について來た。當時最も需要の多かつたのは軍服や警察服等であ



第 63 圖 女官洋服裁縫之圖

つたが之等は横引又は蝶貝等と稱せられる二重臺の大ミシンを使用して能率的に處理する新方法技術が採られ、裁斷の割出法も 1/4 割出法という新法を用いる様になった。明治 10 年に至つて西南役が勃發するや兵員の服裝を調整する爲、業界は未曾有の活況を呈し劃期的な發達をした。同時にこの頃工業が勃興し小石川砲兵本廠、石川島造船所、三菱製鐵所等の大工場が續々建設された爲、作業服の發達は特に目立つた。一方この年 8ヶ國と條約が締結され之から生地を取引は盛んとなつた。然るに明治 15 年に至るや經濟界の動搖の巨業界は深刻な影響を蒙り轉業する者が多かつた。次の數字は當時の變遷を示すものである。

	職人數	營業戶數	販賣高
明治元年	115人	15戸	7.5萬圓
明治 5 年	250人	50戸	15萬圓
明治 10 年	950人	150戸	55萬圓
明治 15 年	550人	120戸	36萬圓

然し 17 年になると業界は再び活況を呈し經濟界動搖後の第二の洋服流行期に入り所謂洋服謳歌時代となつた。18 年 2 月には東京洋服商工組合が創立され又上流社會に婦人舞踏會、婦人慈善會、假裝會、交際會、洋食會な

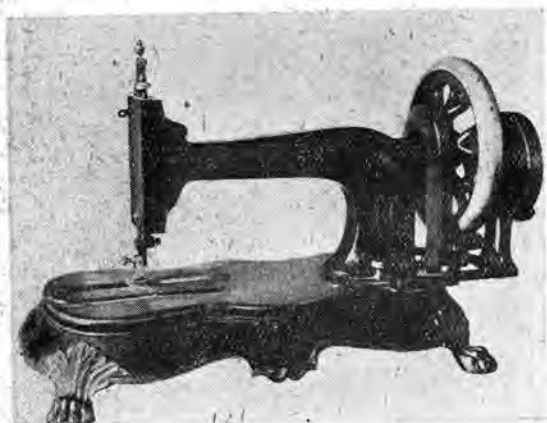
どが流行し今まで主に男子間に限られていた洋服も急激に婦人社會に浸潤し交際場裡にはボンネットの細腰を見る様になつた。第 63 圖は當時のミシン、第 64 圖は裁縫を畫いた當時の繪である。「針は品質の硬軟、縫器の種類によりてその形狀同じからず。實施についてその宜しきを計り



第 64 圖 明治 20 年當時の洋服屋



第 65 圖 男女西洋服裁縫
獨案内 (明治20年)



第 66 圖

臨機應變加減すべし」という文句の中にも當時の状態が偲ばれる。第 64 圖は同じ頃の洋服屋の状態を示すもので第 65 圖はその頃発行された裁縫教授の本である。

明治 33 年 6 月ミシンガーミシンが輸入された。この機械は先述の丸舟の機構を持っていた。當時のミシン屋は調整不馴れの爲、最初は幾分この機械を嫌つたが往復式に比べて音が低く運轉も軽いので次第に之を用いる様になつた。獨逸のナウマンミシンが當時之と競争した。

明治 37 年彼服廠は初めてミシンの電動運轉を開始した。之は我國におけるミシンの電動運轉の最初であつて民間では 39 年に松三鳴が初めて足袋裁縫に電動運轉を用い之より數年遅れて、つちや足袋などの電動運轉が始められた。

日露戦争後は洋服大流行期であつた。40 年泰文學士夫妻の經營する有樂町のシンガーミシン裁縫女學院の如きは、1000 名の生徒と 250 名の寄宿生を容るべきもので、後年我國のミシン界に君臨したシンガー會社の勢力は既にこの時に端を發していた。

42, 3 年にはドメスチック、ニューホト、ピアレス、ゼーム等のシンガーミシン及ホワイト等が輸入され次第に外國ミシンの普及の素地を培つて來出した。

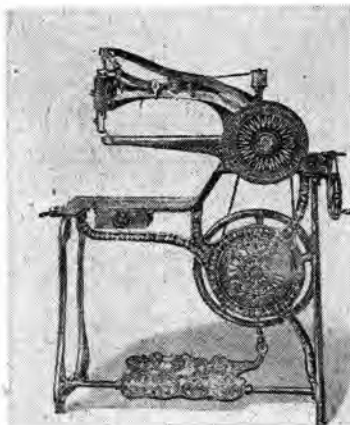
4. 靴の發達とミシン

明治初年から大正へかけての洋服の發達は、當然靴の發達をも促し洋服の發達がミシンの發達を伴つたと同様に靴の發達は革ミシンの發達の原動力となつた。

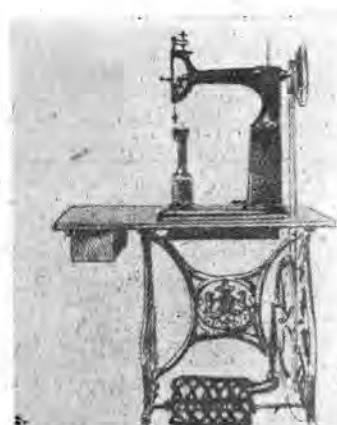
我國に初めて靴が入つたのは維新直前のことである。當時徳川幕府は兵士の訓練用として多數の靴を外國に注文していたが、之が着荷した時は恰も維新戦争の最中であつたので政府の手に引繼がれて横濱運上所の倉庫に積んであつた。之を當時の御用商人西村勝三が大村益次郎の依頼によつて賣却した。之が世に傳習靴といわれたものである。一方明治 2 年陸奥宗光が歐洲視察から歸るや軍用製靴の必要を叫び大參事津田又太郎と協力して紀州和歌山山本町に「西洋鞆革製靴傳習所」を創設した。この時に教師として獨逸からルボウスキーとエフ・ハーマン・ハイドケンベルを招聘したが、この時ハイドケンベルは革ミシンを日本へ持つて來た、この頃の革ミシンは非常に珍しいものであつた。

明治 4 年獨逸から平臺の靴ミシンが一臺輸入された。當時種々の人々が集つてその組立を試みたが分らなかつた。この時淺草の鐵砲鍛冶左口鐵二郎は辛苦の結果この組立に成功し之を縁にミシン屋に轉向した。又こうして組立てたミシンは物を縫う機械だといつて集り見る者が多かつたので、或人の考えにより 150 圓を據出して之を譲りうけ淺草奥山に見世物を作り、木戸錢 2 錢で見物させたところ大いに繁昌して金主は大いに儲けたという事である。

明治 3 年、西村勝三は東京築地に製靴工場を設けたが之が櫻組の前身である。最初は教師で失敗し後横濱で靴工をやつていた和蘭人レマルシヤンを雇つて初めて製造に成功した。最初は勿論製甲用のミシンがなかつたから製甲は絹糸を用いて手縫でやり中には現在のミシン縫の様に縫通したものもあつた。當時製甲一足を縫めるのに 2 日間を要したという。それが明治 5 年頃平臺ミシンが輸入されると平な部分だけはミシン縫をする様になつ



第 67 圖 クリス・ウント・フレンチェの八方ミシン



第 68 圖 齊德利ミシン

た。そして同9年には既に英國製ミシン4臺を備える様になつた。この様にミシンによる靴縫は漸く開始されたが未だ深いものや長いものに至つてはやはり手縫を要した。製甲が全部ミシンでなされる様になつたのは明治16年頃獨逸のクリース・ウント・フレンツェ會社の八方ミシンが輸入されてからである。第67圖はそのミシンである。又第68圖は明治20年代に用いられた獨逸製革ミシンで一般には青徳利ミシンと呼ばれたものである。

明治23年關根忠吉が米國から歸朝の際にシンガーミシンを持歸つた。今日の様な製甲が完全にされる様になつたのはこの頃からであつた。明治34年になると被服廠の軍靴製作工場が設立され翌年10月には軍靴の機械製作が實施されるに至つた。

5. ミシンの輸入状況

第11表及び第12表は明治31年から昭和10年までの輸入量を示す。明治の末年までは軍需被服類の激増の爲順調な上昇を示した。大正3年世界大戰が勃發するや英シンガー以外は輸入も絶えて量も激減したが大戰後の好景氣に恵まれると再び上昇を始め大正9年では600萬圓に達した。而し翌10年に至ると經濟界の反動恐怖時代に遭ひ激減を示している。13年における著しい増加の原因は12年の關東大震災の補充のためとこの免税の恩典に乗じた爲であるが、この急激な輸入は忽ち需要の飽和となつて大正の末年には再び減少するに至つた。昭和の初年の順調な経過は5年の金解禁を契機とする經濟不況によつて需要が急減し、6年末の金再禁止となつても爲替相場の低落は輸入價格の急騰となつて現れた。9年に至り爲替相場が多少乍ら回復するや再び輸入量は増加の傾向を示すに至つたのである。



第70圖 左口鐵二郎(後鐵藏)



第71圖 ころもミシン



第69圖 第二回内國勸業博覽會の有功賞
(左口氏藏)

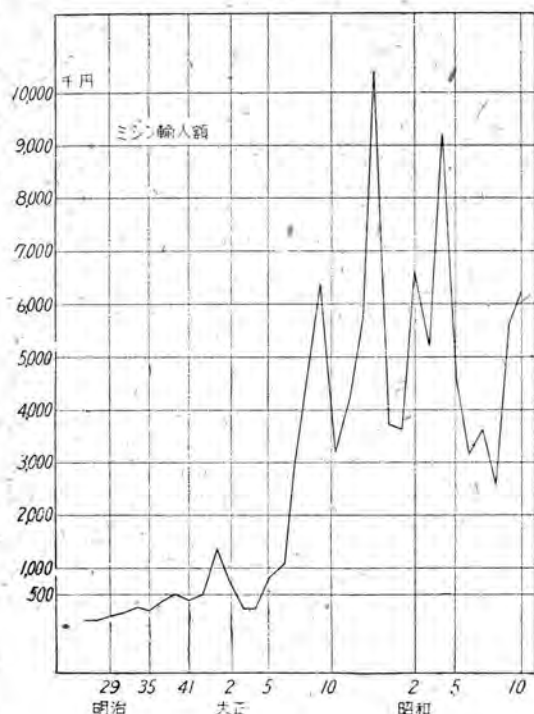
次に國別に輸入品を眺めてみると明治36年頃迄は獨逸品が多かつたが漸次後退し大正3年の世界大戰には全く杜絶、之にひきかえて米國品が急増増加した。而し平和再來と共に再び獨逸品が増加し米國品と一進一退の競争をするに至つた。この他の國としては大正13年からスエーデンのハスクパナミシンが輸入されている。獨逸のミシンではモンドロス、クリース・ウント・フレンツェ、デュルコツプ、パフ、ハイド・ウント・ノイ等で、アメリカはシンガー、ホワイト、ユニオン、ウイロックス等が主で、就中シンガーはその首位を占め15 K 83, 同 88, の他 103, 31 種, 95 種, 96 種, 45 種, 34 種その他各種の機種を國內に普及させ昭和12年の事變によつて輸入の終止するに至るまで牢固たる勢力を占めるに至つた。

尤も部分品の輸入のみは僅かに續けられ13年には40萬圓、14年には20萬圓の輸入量を示している。而し之とてもほんの僅かにすぎず國內需要の殆ど全部は國產ミシンによる事となつたのである。而らばか様な狀勢に於て國產ミシンがどの様な興隆の路を辿つていたであらうか。次に暫くこの面に目を向けて見よう。

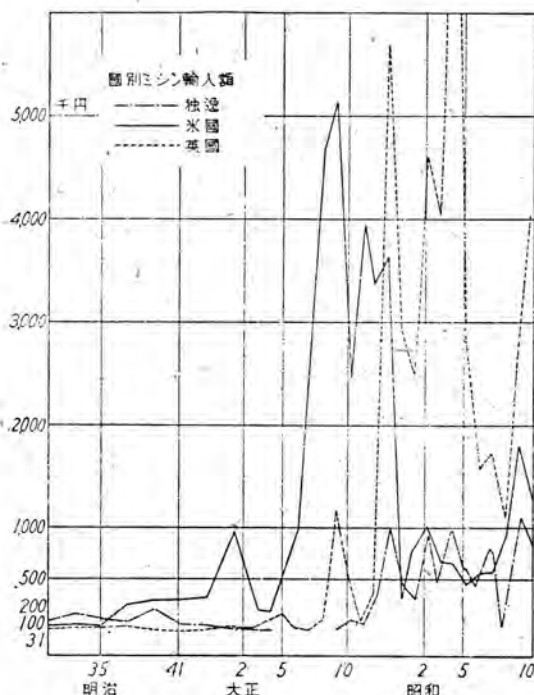
6. 國產ミシン興隆の経過

およそ機器の創造はその必要性に對する強い意欲が動力となる。そしてその實施に當つては創造者の大なる努力と後援者の犠牲的な支持が必要である事は多くの發明史が語る事實である。

殊に機器の國產化に當つては單なる關心より出發した模倣に止らず創造者支持者共にその必要性を認識し組



第 1 1 表



第 1 2 表

組織的な計畫と強力な實行を必要とする。

而るにミシン國産の初期の状況はどうであつたらうか、残念乍ら一部の先覺者を除いては一般にその必要性を認識する者も尠く又強力な組織行動も行われなかつた。大正 12 年に宗田氏がその著書に於て述べている次の文はこの事情をよく傳えている。

「……現在世界の各國を通じて、裁縫機械の製造工場を持つて居りますのは、英國、米國、獨逸及びカナダでありまして、東洋諸國は勿論、その他の國には製造工場がありません。私は我國に於て裁縫機械の工場を設置し……裁縫能力の獨立を計らねばならぬ事を常に理想として、之を實現せんが爲には、當局有司に卑見を述べ或は輿論の喚起を促さんとするも、微力にして未だその目的を達する事能はざるは極めて遺憾とする所であります。……今後萬一……裁縫機械の輸入が全く杜絶した時には如何にして數千萬人の被服を裁縫する事が出来ませうか。私は偶々未曾有の震災に當り、僅か數週の間裁縫機械の供給を絶たれたのみであるのに、忽ち罹災民の被服の裁縫能力に一大缺亡を告げた事を実験しました云々……」

當時我國にはかかる意志を實行すべき組織力も實力力

もなく、國産ミシンの活動は極めて断片的な遅々たるものであつた。

第 3 項で述べた左口鐵二郎はミシン屋に轉向以來、10 人近くの徒弟を使つて機械の研究作製に従事していたが手袋の飾縫に用いる綾縫ミシンというカン縫ミシンの製作に成功して特許を得た。第 69 圖は明治 14 年 3 月東京で開かれた第二回内國勸業博覽會にこの機械を出品して授けられた有功賞である。第 70 圖はミシン同業組合設立の日、役員就任の同氏の寫眞である。その後明治 44 年には小出新次郎が小出式裁縫ミシンを作つて特許を得、又大正元年には關根安治が大正博覽會にミシンを出品している。大正 3 年には甘利忠俊がコロモミシンと稱するミシンを製作して特許を得た。之は我國の手縫の様な裁縫をするもので第 71 圖に示す様に足踏式で頭部は縦方向に向いたものである。その後大正 9 年には明風豐次が明風式和服用裁縫ミシンの特許を得ている。

今日の國産ミシンの基となつたものは様々な研究の他に外國ミシンの修繕や部分品製作業者のある事を忘れてはならない。

明治 18 年、島川永太郎は大阪に於てミシンの營業に

従事し 41 年には名古屋に安井兄弟商會が出来、43 年には東京の野口商店が部分品の製作を開始した。又大正 4 年には東洋ミシン商會が主れ部分品の製造を開始した。部分品製作の経験が積まれるにつれて國產ミシンを製作する會社を興さんとする機運が當時次第に醸成されていた。而し之等の諸會社は數十年の技術的経験と強大な販賣力を有する外國ミシン會社と素手で競わねばならなかつた。今、之等諸會社の設立の經過を簡単に記して見よう。

大正 10 年 1 月東京滝野川に資本金 5 萬圓を以てバインミシン會社が出現した。而しシンガー會社の力と品質の低位の爲その經營は甚だ困難であつた。昭和 4 年國產愛用運動によつて稍好調を示したのも束の間、翌年 1 月には金解禁あり對外爲替恢復と共に益々輸入されたシンガーミシンの力は重加、經營は困難の度を加えて行つた。昭和 4 年 11 月には黒川氏がコントロールミシンの販賣を始めたが、同様に苦境に立到つた。而るに昭和 6 年に金輸出再禁止となり更に翌 7 年には關稅の増徴に影響されてシンガーミシンの値上りを見るに至り茲にやうやく國產ミシンも値段に於て競争し得る事となつた。この時、帝國ミシン會社はバインミシン會社より獨立して昭和 10 年に 100 萬圓の資本金を以て蛇の目ミシンの販賣を開始した。又明治 41 年に修繕工場として創立した安井兄弟ミシン商會は、昭和 9 年に 24 萬圓の資本金を以て日本ミシン製造株式會社を設立し、ブラザーミシンの販賣をするに到つた。又同年には資本金 5 萬圓を以てエンバイアミシン株式會社が設立された。又昭和 7 年頃より研究を續けていた三菱電機株式會社は三菱ミシンを製作、昭和 10 年よりは本格的な販賣を開始した。

かくて市場における國產ミシンは、蛇の目、コントロール、ブラザー、ニツボン、三菱、アサヒ、シスター、ローラス、バイン、リード等數種を數えるに至つた。而し之等のミシンの殆どはシンガーミシンの品質と販賣力に壓倒されてかなりの苦境に在り、僅に幾分かの安價を以て對抗したのであつたが之とても中古ミシンといふ競争相手に悩まされて惡戦苦闘をしたのであつた。而し經營者の努力と旁々シンガーミシンの値上り等によつて昭和 11 年頃には發展の萌を示すに至つた。たまたま 12 年の事變は國內の經濟態勢の變動を呼び既に同年初め發令されていた外國爲替管理法は 7 月に改正強化され 13 年に至ると更に之を制限して事實上の輸入禁止となるに至つた。

この措置が國產ミシン界に及ぼした影響は大であつた。富士ミシン、方総ミシン、金剛ミシン、大東、精研舎等の大小無數のミシン會社が出現し又古くから存した

會社も増資をして活潑な活動に入るに至つた。即ち帝國ミシンは 300 萬圓、日本ミシンは 100 萬圓、朝日ミシンは 50 萬圓、大東ミシンは 49 萬圓に増資し月産總量は 25,000 臺に及んだのである。

かくて各社に於てミシンの増産が計畫され實行の緒についた時、第二次歐洲大戰の勃發を見、ついで我國における經濟態勢も價格停止令、公定價格の決定、物品稅の加算等と急速に變化して行つた。そして我國の戰爭突入と共に政府は業者の企業合同を要望し、17 年には有力な 9 メーカーと 12 の部品メーカーを指定して、日本ミシン製造工業組合を設立するに至つたが、翌年鋼材使用の許可制を採るに至つて軍用ミシン以外の一般ミシンは事實上製造禁止の運命に遭遇したのであつた。終戦後、昔のミシンメーカーはもとより軍需會社であつた處もミシン製作に轉換したものが多く、主だつたメーカーだけでも既に二十數社を數えるに至つてゐる。各會社は組合を結成して相互に連絡し、又技術や品質の向上を計る爲商工省の機械試驗所を中心として相互に研鑽し合ふ等の見るべき動きを示している。

7. 結 び

崩壊した我々の生活を再建する爲にミシンは今や大きく浮び上つて來た。のみならず我國の經濟立直しの鍵を握る貿易品のホープの一つである事も周知のことである。ミシンが貿易品として重要視される點は資材費に對する加工費の率が多く技術費と勞働費を販賣取得し得る事にある。けれども技術は顧客の欲求を満すに足るべく優秀であり、勞働は顧客の經濟に一致する迄低廉でなければならぬ。この前提が得られる時、何人が敢て之を貿易のホープと推奨し得るであらうか。

例へば現在國內のメーカーが基準とし互換の中心としている機種はシンガーの 15 種という舊型である。筆者がこの論文の第 5 編に於て「現代のミシン」としてアメリカの 400 W や 201 ミシンを紹介してから既に 5 年の時が経つてゐる。けれども國內に於てはその形を見た人も少いであらう。研究試作すべき努力も拂われていない様である。我々は實に斯様な地位と環境に在るのである。筆者はミシンの製造に當る人々が數百年の必然性の連續によつて總合形成せられた現在のミシンの意味を分析し、この歴史の流れの中に在つて我國が占めている環境や貧弱な條件を充分識り、堅實不拔の努力により今後の多難なるべき途を進まれん事を祈るものである。

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

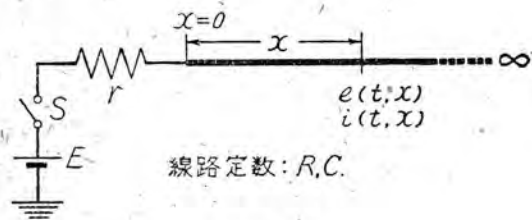
本章に於ては、端子裝置の無い半無限長送電線の一般の場合、 $L=0$, $G=0$ の場合及び $L=0$ の場合の各々について一般解或は漸近解を求めてある。

研 究 所 菅 野 正 雄

第 IV 章

半無限長送電線 $(\frac{2}{2})$

(II) 端子裝置のある場合



第 2 圖

第 2 圖に示す如く、送端に於いて電源 $E(t)$ と直列にインピーダンス Z_1 及び並列にインピーダンス Z_2 なる端子裝置を有する半無限長送電線 ($e(t, x)=0$, $i(t, x)=0$, $t < 0, x > 0$) を $t=0$ なる瞬間 S に於いて閉路する時、 $t > 0$ に於ける電壓及び電流分布如何。

此の場合に於いても、(II. 3) 式及び (II. 4) 式に於いて

$$A_1(\lambda) = 0$$

である。又、境界條件は

$$i(t, 0) = Z_1(D)^{-1} \{E(t) - e(t, 0)\} - Z_2(D)^{-1} e(t, 0), \quad (t > 0),$$

従つて、

$$F_s(\lambda, 0) = Z_1(\lambda)^{-1} \{\Phi(\lambda) - F_e(\lambda, 0)\} - Z_2(\lambda)^{-1} F_e(\lambda, 0)$$

である。茲に

$$\Phi(\lambda) \equiv L_e(\lambda, t)^{-1} 1(t_0) E(t)$$

であり、又、 $Z_1(\lambda)$ 及び $Z_2(\lambda)$ は問題の性質上 λ の有理函数である。

扱て、此の場合 (II. 5) 式及び (II. 6) 式は

$$\left. \begin{aligned} 1(t_0) e(t, x) &= \left\{ \frac{a(D)}{L(D+a+\beta)} + \left(\frac{1}{Z_1(D)} + \frac{1}{Z_2(D)} \right) \right\}^{-1} \frac{\Phi(D)}{Z_1(D)} e^{-\alpha(D)x} 1(t_0), \\ 1(t_0) i(t, x) &= \left\{ 1 + \frac{L(D+a+\beta)}{a(D)} \left(\frac{1}{Z_1(D)} + \frac{1}{Z_2(D)} \right) \right\}^{-1} \frac{\Phi(D)}{Z_1(D)} e^{-\alpha(D)x} 1(t_0), \end{aligned} \right\} \quad (x > 0)$$

となるが、以下、二、三の簡單なる場合に就て考察を加える。

(II. a). $R=0$, $G=0$. (無損失線路)

此の場合には $e(t, x)$ 及び $i(t, x)$ は

$$\left. \begin{aligned} 1(t_0) e(t, x) &= 1(x/v) C(t-x/v) \left\{ \left[\sqrt{\frac{C}{L}} + \left(\frac{1}{Z_1(p)} + \frac{1}{Z_2(p)} \right) \right]^{-1} \frac{\Phi(p)}{Z_1(p)} \cdot 1 \right\}, \\ 1(t_0) i(t, x) &= \sqrt{\frac{C}{L}} 1(t_0) e(t, x), \end{aligned} \right\} \quad (x > 0)$$

より定められる。たとえば

$$E(t) = E(\text{一定}),$$

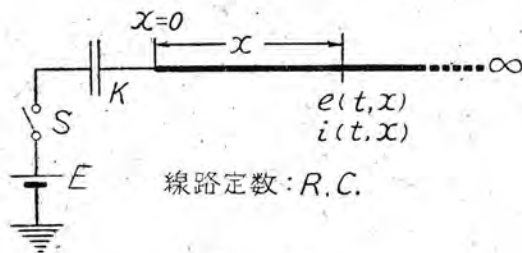
$$Z_1(p) \equiv Mp + r,$$

$$Z_2(p) \equiv \infty,$$

なる時は (第 3 圖)

$$\left. \begin{aligned} e(t, x) &= 1(x/v) \frac{E}{1+r\sqrt{\frac{C}{L}}} \left\{ 1 - e^{-\frac{1}{M} \left(r + \sqrt{\frac{r}{L}} \right) t} \right\}, \\ i(t, x) &= 1(x/v) \frac{E}{r + \sqrt{\frac{L}{C}}} \left\{ 1 - e^{-\frac{1}{M} \left(r + \sqrt{\frac{r}{L}} \right) t} \right\}, \end{aligned} \right\} \quad \left(\begin{array}{l} t \geq 0, \\ x > 0 \end{array} \right)$$

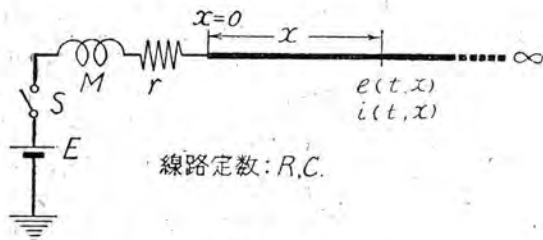
となる。



第 3 圖

(II.b) $L=0, G=0, E(t)=E,$
 $Z_1(D) \equiv r, Z_2(D) \equiv \infty.$

なる場合 (第 4 圖)



第 4 圖

$$e(t, x) = \frac{E}{1+r\sqrt{\frac{Cp}{R}}} e^{-\sqrt{CRp}x} \cdot 1$$

$$= \frac{E}{r\sqrt{\frac{R}{C}}} e^{\frac{R}{r^2C}t} \left\{ \int_{+0}^t \frac{1}{\sqrt{\pi t}} e^{-\left(\frac{R}{r^2C}t + \frac{CR}{4t}x^2\right)} dt \right.$$

$$\left. - \frac{1}{r\sqrt{\frac{R}{C}}} \int_{+0}^t e^{-\frac{R}{r^2C}t} \left(1 - \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{CR}{4t}}x\right)\right) dt \right\}$$

$$= E \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{CR}{4t}}x\right) \right.$$

$$\left. - e^{\frac{R}{r^2C}t + \frac{R}{r}x} \left(1 - \operatorname{erf}\left(\frac{1}{r}\sqrt{\frac{Rt}{C}} + \sqrt{\frac{CR}{4t}}x\right)\right) \right\},$$

$$(t \geq +0, x > 0),$$

$$i(t, x) = E \frac{\sqrt{\frac{Cp}{R}}}{1+r\sqrt{\frac{Cp}{R}}} e^{-\sqrt{CRp}x} \cdot 1$$

$$= \frac{E}{r} \left(1 - \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{CR}{4t}}x\right)\right) - \frac{e(t, x)}{r}$$

$$= \frac{E}{r} e^{\frac{R}{r^2C}t + \frac{R}{r}x} \left(1 - \operatorname{erf}\left(\frac{1}{r}\sqrt{\frac{Rt}{C}} + \sqrt{\frac{CR}{4t}}x\right)\right),$$

$$(t \geq +0, x > 0)$$

となる。又是等の漸近値は次の如く求められる。

$$e(t, x) = E_0(t, \lambda) \frac{E}{1+r\sqrt{\frac{C\lambda}{R}}} e^{-\sqrt{CR\lambda}x}$$

$$\sim E_0(t, \lambda) \sum_{k=0}^{\infty} \left(-r\sqrt{\frac{C\lambda}{R}}\right)^k \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} (-\sqrt{CR\lambda}x)^n$$

$$\sim E \left\{ 1 - \sqrt{\frac{r^2C}{R}} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{(2n)!} \left(\frac{Rx}{r}\right)^{2n} + \frac{1}{(2n+1)!} \left(\frac{Rx}{r}\right)^{2n+1}\right) \right.$$

$$\left. \sum_{m=n}^{\infty} \left(\frac{r^2C}{R}\right)^m \lambda^{m+\frac{1}{2}} \right\}$$

$$\sim E \left\{ 1 - \sqrt{\frac{r^2C}{R}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} \left(\frac{Rx}{r}\right)^n \sum_{m=n}^{\infty} \frac{(-)^m (2m)!}{m!} \left(\frac{r^2C}{4Rt}\right)^m \right\},$$

$$(x > 0),$$

$$i(t, x) = E_0(t, \lambda) \frac{\sqrt{\frac{C\lambda}{R}}}{1+r\sqrt{\frac{C\lambda}{R}}} e^{-\sqrt{CR\lambda}x}$$

$$\sim E \sqrt{\frac{C}{R}} E_0(t, \lambda) \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \frac{1}{(2n)!} \left(\frac{Rx}{r}\right)^{2n} \sum_{m=n}^{\infty} \left(\frac{r^2C}{R}\right)^m \lambda^{m+\frac{1}{2}} \right.$$

$$\left. + \frac{1}{(2n+1)!} \left(\frac{Rx}{r}\right)^{2n+1} \sum_{m=n+1}^{\infty} \left(\frac{r^2C}{R}\right)^m \lambda^{m+\frac{1}{2}} \right\}$$

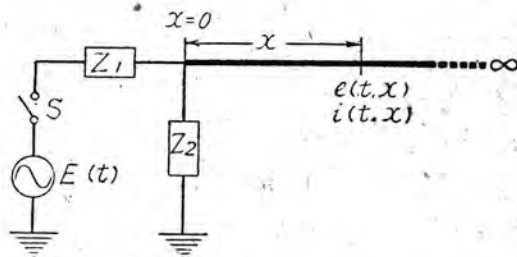
$$\sim E \sqrt{\frac{C}{R}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} \left(\frac{Rx}{r}\right)^n \left\{ \sum_{m=n}^{\infty} \frac{(-)^m (2m)!}{m!} \left(\frac{r^2C}{4Rt}\right)^m \right.$$

$$\left. - \frac{(-)^n}{2n+1} \left(\frac{Rx}{r}\right)^{n+1} \left(\frac{r^2C}{4Rt}\right)^n \right\},$$

$$(x > 0).$$

(II.c). $L=0, G=0, E(t)=E,$
 $Z_1(D) \equiv \frac{1}{KD}, Z_2(D) \equiv \infty.$

なる時は。(第 5 圖)



第 5 圖

$$e(t, x) = E \frac{K\sqrt{\frac{RP}{C}}}{1+K\sqrt{\frac{RP}{C}}} e^{-\sqrt{CRp}x} \cdot 1$$

$$= E e^{\frac{C}{K^2R}t + \frac{C}{K}x} \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{1}{K}\sqrt{\frac{Ct}{R}} + \sqrt{\frac{CR}{4t}}x\right) \right\},$$

$$(t \geq +0, x > 0),$$

$$i(t, x) = E \frac{Kp}{1 + K\sqrt{\frac{Rp}{C}}} e^{-\sqrt{CRp}x} \cdot 1$$

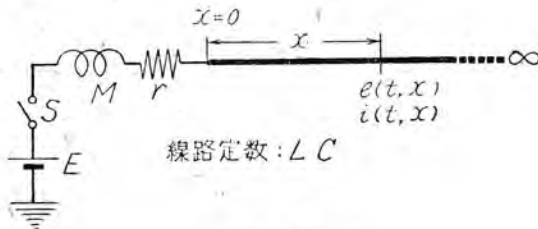
$$= E\sqrt{\frac{C}{\pi Rt}} e^{-\frac{CR}{4t}x^2} - \frac{C}{KR} e(t, x), \left(\begin{matrix} t \geq 0, \\ x > 0 \end{matrix} \right)$$

となる。又、漸近値は (II. b) の場合に倣つて容易に導き出せるであらう。

(II. d). $L=0, G=0, E(t)=E,$

$Z_1(D) \equiv (MD+r), Z_2(D) \equiv \infty.$

なる時は、(第6圖) 所要の解は次の如くなる。



第 6 圖

$$e(t, x) = E \frac{B}{p\sqrt{p} + A\sqrt{p} + B} e^{-\sqrt{CRp}x} \cdot 1$$

$$= BE \frac{(p+A)\sqrt{p} - B}{(p-a_1)(p-a_2)(p-a_3)} e^{-\sqrt{CRp}x} \cdot 1$$

$$= BE \sum_{k=1}^3 \frac{(a_k+A)A_k}{p-2a_k} \sqrt{p} e^{-\sqrt{CRp}x} \cdot 1$$

$$- B^2 E \sum_{k=1}^3 \frac{A_k}{p-a_k} e^{-\sqrt{CRp}x} \cdot 1$$

$$= BE \sum_{k=1}^3 \int_0^t (a_k+A)A_k e^{a_k(t-\tau)} \frac{e^{-\frac{CR}{4\tau}x^2}}{\sqrt{\pi\tau}} d\tau$$

$$- B^2 E \sum_{k=1}^3 \int_0^t A_k e^{a_k(t-\tau)} \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{CR}{4\tau}}x\right) \right\} d\tau$$

$$= B^2 E \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{CR}{4t}}x\right) \right\} \sum_{k=1}^3 \frac{A_k}{a_k}$$

$$- BE \sum_{k=1}^3 A_k \left(\sqrt{a_k} + \frac{A}{\sqrt{a_k}} \right) e^{a_k t + \sqrt{a_k CR}x} \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left(\sqrt{a_k t} + \sqrt{\frac{CR}{4t}}x\right) \right\}$$

$$+ BE \sqrt{\frac{CR}{4\pi}} x \sum_{k=1}^3 A_k \left(\sqrt{a_k} + \frac{A}{\sqrt{a_k}} \right)$$

$$- \frac{B}{a_k} e^{a_k t} \int_0^t \frac{e^{-(a_k\tau + \frac{CR}{4\tau}x^2)}}{\sqrt{\tau^3}} d\tau, \left(\begin{matrix} t \geq 0, \\ x > 0, \end{matrix} \right)$$

$$i(t, x) = BE \sqrt{\frac{C}{R}} \frac{\sqrt{p}}{p\sqrt{p} + A\sqrt{p} + B} e^{-\sqrt{CRp}x} \cdot 1$$

$$= BE \sqrt{\frac{C}{R}} \frac{(p+A)p - B\sqrt{p}}{(p-a_1)(p-a_2)(p-a_3)} e^{-\sqrt{CRp}x} \cdot 1$$

$$= BE \sqrt{\frac{C}{R}} \sum_{k=1}^3 \int_0^t (a_k+A)A_k e^{a_k(t-\tau)} \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{CR}{4\tau}}x\right) \right\} d\tau$$

$$- B^2 E \sqrt{\frac{C}{R}} \sum_{k=1}^3 \int_0^t A_k e^{a_k(t-\tau)} \frac{e^{-\frac{CR}{4\tau}x^2}}{\sqrt{\pi\tau}} d\tau$$

$$= -BE \sqrt{\frac{C}{R}} \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{CR}{4t}}x\right) \right\} \sum_{k=1}^3 A_k (a_k+A)$$

$$+ B^2 E \sqrt{\frac{C}{R}} \sum_{k=1}^3 \frac{A_k}{\sqrt{a_k}} e^{a_k t + \sqrt{a_k CR}x} \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left(\sqrt{a_k t} + \sqrt{\frac{CR}{4t}}x\right) \right\}$$

$$+ \frac{BCE}{\sqrt{4\pi}} x \sum_{k=1}^3 A_k \left(\sqrt{a_k} + \frac{A}{\sqrt{a_k}} \right)$$

$$- \frac{B}{\sqrt{a_k}} e^{a_k t} \int_0^t \frac{e^{-(a_k\tau + \frac{CR}{4\tau}x^2)}}{\sqrt{\tau^3}} d\tau, \left(\begin{matrix} t \geq 0, \\ x > 0. \end{matrix} \right)$$

但し、

$$A = \frac{r}{M}, \quad B = \frac{1}{M} \sqrt{\frac{R}{C}},$$

$$A_1 = \frac{1}{(a_1-a_2)(a_1-a_3)}, \quad A_2 = \frac{1}{(a_2-a_3)(a_2-a_1)},$$

$$A_3 = \frac{1}{(a_3-a_1)(a_3-a_2)} \quad (= A_2 \text{ の共軛値}),$$

$\arg a_1 = 2\pi^*$, (脚註) $\arg a_2 < \pi$, (a_3 は a_2 の共軛値),

(但し、切斷は負の實軸上にあるものとする)

である。

次に $e(t, x)$ 及び $i(t, x)$ の漸近値を求めてみる。此の際考慮さるべき異常點は $\lambda=0$, (分岐點), $\lambda=a_2$ 及び $\lambda=a_3$ ($\lambda-a_1)(\lambda-a_2)(\lambda-a_3) \equiv \lambda^3 + 2A\lambda^2 + A^2\lambda - B^2$ なる故, a_2, a_3 を共軛根とすれば $a_1 > 0$ である。従つて $(a_1+A)\sqrt{a_1}+B \neq 0$, ($A, B > 0$) であるから, a_1 は $(\lambda+A)\sqrt{\lambda}+B=0$ の根とはなつていない。換言すれば $\arg a_1 = 2\pi$ である。先づ $e(t, x)$ は

$$e(t, x) = BE \left\{ \Re_0(t, \lambda) + \Re_{a_2}'(t, \lambda) \right. \\ \left. + \Re_{a_3}(t, \lambda) \right\} \frac{e^{-\sqrt{CR\lambda}x}}{\lambda\sqrt{\lambda} + A\sqrt{\lambda} + B}$$

$$\begin{aligned}
&= BE \sum_{k=2}^3 \frac{A_k}{a_k} \left\{ (a_k + A) \sqrt{a_k} - B \right\} \varepsilon^{\alpha_k t - \sqrt{a_k C R} x} \\
&+ BE \sum_{k=1}^3 \mathfrak{R}_0(t, \lambda) \frac{(a_k + A) A_k}{\lambda - a_k} \sqrt{\lambda} \varepsilon^{-\sqrt{C R \lambda} x} \\
&- B^2 E \sum_{k=1}^3 \mathfrak{R}_0(t, \lambda) \frac{A_k}{\lambda - a_k} \varepsilon^{-\sqrt{C R \lambda} x}
\end{aligned}$$

であるが、

$$\begin{aligned}
\mathfrak{R}_0(t, \lambda) &= \frac{\varepsilon^{-\sqrt{C R \lambda} x}}{\lambda - a_k} \\
&\sim -\frac{1}{a_k} \mathfrak{R}_0(t, \lambda) \sum_{m=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{a_k} \right)^m \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-)^m (C R x^2)^n}{n!} \frac{1}{2 \lambda^{\frac{n}{2}}} \\
&\sim -\frac{1}{a_k} + \sqrt{\frac{C R}{\pi t}} \frac{x}{a_k} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(a_k C R x^2)^n}{(2n+1)!} \sum_{m=n}^{\infty} \frac{(-)^m (2m)!}{m! (4 a_k t)^m}, \\
\mathfrak{R}_0(t, \lambda) &= \frac{\sqrt{\lambda}}{\lambda - a_k} \varepsilon^{-\sqrt{C R \lambda} x} \\
&\sim -\frac{1}{a_k} \frac{1}{\sqrt{\pi t}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(a_k C R x^2)^n}{(2n)!} \sum_{m=n}^{\infty} \frac{(-)^m (2m)!}{m! (4 a_k t)^m}
\end{aligned}$$

なる故、

$$\begin{aligned}
e(t, x) &\sim BE \sum_{k=2}^3 \frac{A_k}{a_k} \left\{ (a_k + A) \sqrt{a_k} - B \right\} \varepsilon^{\alpha_k t - \sqrt{a_k C R} x} \\
&+ B^2 E \sum_{k=1}^3 \frac{A_k}{a_k} \\
&- \frac{BE}{\sqrt{\pi t}} \sum_{k=1}^3 \frac{A_k}{a_k} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(a_k C R x^2)^n}{(2n)!} \left\{ (a_k + A) \right. \\
&\left. + \frac{B \sqrt{C R} x}{2n+1} \right\} \cdot \sum_{m=n}^{\infty} \frac{(-)^m (2m)!}{m! (4 a_k t)^m}, \quad (x > 0)
\end{aligned}$$

となる。全く同様にして $i(t, x)$ は

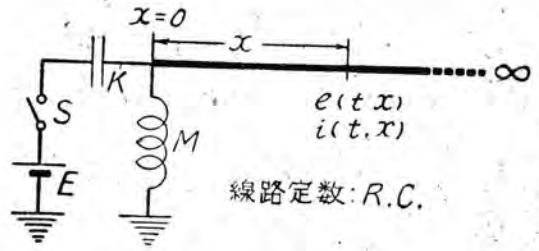
$$\begin{aligned}
i(t, x) &= BE \sqrt{\frac{C}{R}} \left\{ \mathfrak{R}_0(t, \lambda) + \mathfrak{R}_{\alpha_2}(t, \lambda) \right. \\
&\left. + \mathfrak{R}_{\alpha_3}(t, \lambda) \right\} \frac{\sqrt{\lambda} \varepsilon^{-\sqrt{C R \lambda} x}}{\lambda \sqrt{\lambda} + A \sqrt{\lambda} + B} \\
&\sim BE \sqrt{\frac{C}{R}} \sum_{k=2}^3 \frac{A_k}{\sqrt{a_k}} \left\{ (a_k + A) \sqrt{a_k} \right. \\
&\left. - B \right\} \varepsilon^{\alpha_k t - \sqrt{a_k C R} x} \\
&+ BE \sqrt{\frac{C}{\pi R t}} \sum_{k=1}^3 A_k \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(a_k C R x^2)^n}{(2n)!} \left\{ \frac{(a_k + A) \sqrt{C R} x}{2n+1} \right. \\
&\left. + \frac{B}{a_k} \right\} \cdot \sum_{m=n}^{\infty} \frac{(-)^m (2m)!}{m! (4 a_k t)^m} \\
&- \frac{B C E x}{\sqrt{\pi t}} \sum_{k=1}^3 (a_k + A) A_k \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-)^n (2n)!}{(2n+1)n!} \left(\frac{C R x^2}{4 t} \right)^n, \\
&\quad (x > 0)
\end{aligned}$$

の如く求められる。

(I. e). $L=0$, $G=0$, $E(t)=E$,

$$Z_1(D) \equiv \frac{1}{K D}, \quad Z_2(D) \equiv M D.$$

なる時は、第7圖) 所要の解は次の如くなる。



第 7 圖

$$\begin{aligned}
e(t, x) &= E \frac{p^2}{p^2 + A p \sqrt{p+B}} \varepsilon^{-\sqrt{C R p} x} \cdot 1 \\
&= E \frac{p^4 + B p^2 - A p^3 \sqrt{p}}{(p - \alpha_1)(p - \alpha_2)(p - \alpha_3)(p - \alpha_4)} \varepsilon^{-\sqrt{C R p} x} \cdot 1 \\
&= E \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\sqrt{\frac{C R}{4 t}} x \right) \right\} \\
&+ E \sum_{k=1}^2 \left\{ \int_0^t A_k \varepsilon^{\alpha_k(t-\tau)} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\sqrt{\frac{C R}{4 \tau}} x \right) \right) d\tau \right. \\
&\quad \left. + (\text{共轭値}) \right\} \\
&- E \sum_{k=1}^2 \left\{ \int_0^t B_k \varepsilon^{\alpha_k(t-\tau)} \frac{\varepsilon^{-\frac{C R}{4 \tau} x^2}}{\sqrt{\pi \tau}} d\tau \right. \\
&\quad \left. + (\text{共轭値}) \right\} \\
&= E \left\{ 1 - 2 \sum_{k=1}^2 R_e \left(\frac{A_k}{d_k} \right) \right\} \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\sqrt{\frac{C R}{4 t}} x \right) \right\} \\
&+ E \sum_{k=1}^2 \left\{ \frac{B_k}{\sqrt{a_k}} \varepsilon^{\alpha_k t + \sqrt{a_k C R} x} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\sqrt{\frac{C R}{4 t}} x \right) \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + \sqrt{\frac{C R}{4 t}} x \right) \right\} + (\text{共轭値}) \\
&+ E \sqrt{\frac{C R}{4 \pi}} x \sum_{k=1}^2 \left\{ \left(\frac{A_k}{a_k} \right. \right. \\
&\quad \left. \left. - \frac{B_k}{\sqrt{a_k}} \right) \varepsilon^{\alpha_k t} \int_0^t \frac{\varepsilon^{-\left(\alpha_k t + \frac{C R}{4 t} x^2 \right)}}{\sqrt{t^3}} dt \right. \\
&\quad \left. + (\text{共轭値}) \right\}, \quad \left(\begin{array}{l} t \geq 0, \\ x > 0 \end{array} \right),
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
i(t, x) &= E \sqrt{\frac{C}{R}} \frac{p^2 \sqrt{p}}{p^2 + A p \sqrt{p+B}} \varepsilon^{-\sqrt{C R p} x} \cdot 1 \\
&= E \sqrt{\frac{C}{R}} \frac{(p^4 + B p^2) \sqrt{p} - A p^4}{(p - \alpha_1)(p - \alpha_2)(p - \alpha_3)(p - \alpha_4)} \varepsilon^{-\sqrt{C R p} x} \cdot 1 \\
&= E \sqrt{\frac{C}{\pi R t}} \varepsilon^{-\frac{C R}{4 t} x^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + E\sqrt{\frac{C}{R}} \sum_{k=1}^2 \left\{ \frac{A_k}{\sqrt{a_k}} \varepsilon^{\alpha_k t + \sqrt{a_k C R}} x \left(\operatorname{erf}(\sqrt{a_k t}) \right. \right. \\
& \quad \left. \left. + \sqrt{\frac{C R}{4t}} x \right) - 1 \right\} + (\text{共轭値}) \\
& + \frac{C E}{\sqrt{4\pi}} x \sum_{k=1}^2 \left\{ \left(\frac{A_k}{\sqrt{a_k}} - B_k \right) \varepsilon^{\alpha_k t} \int_0^t \frac{\varepsilon^{-(\alpha_k t + \frac{C R}{4t} x^2)}}{\sqrt{t^3}} dt \right. \\
& \quad \left. + (\text{共轭値}) \right\}, \\
& \quad \left(\begin{array}{l} t \geq 0, \\ x > 0 \end{array} \right).
\end{aligned}$$

但し,

$$\begin{aligned}
A &= \frac{1}{K} \sqrt{\frac{C}{R}}, \quad B = \frac{1}{MK}, \\
A_1 &= \frac{A^2 a_1^3 - B a_1^2 - B^2}{(a_1 - \bar{a}_1)(a_1 - a_2)(a_1 - \bar{a}_2)}, \quad A_2 = \frac{A^2 a_2^3 - B a_2^2 - B^2}{(a_2 - \bar{a}_1)(a_2 - a_1)(a_2 - \bar{a}_2)}, \\
B_1 &= \frac{A a_1^3}{(a_1 - \bar{a}_1)(a_1 - a_2)(a_1 - \bar{a}_2)}, \quad B_2 = \frac{A a_2^3}{(a_2 - \bar{a}_1)(a_2 - a_1)(a_2 - \bar{a}_2)},
\end{aligned}$$

であり, 又, \bar{a}_1, \bar{a}_2 は夫々 a_1, a_2 の共轭値である.

尚 $1 \arg a_1 < \pi$ とすれば $1 \arg a_2 > \pi$ なる故, (但し切斷は負の實軸上にあるものとする.) $e(t, x)$ 及び $i(t, x)$ の漸近値を求むるに考慮さるべき異常點は $\lambda = 0$ (分岐點), $\lambda = a_1, \lambda = \bar{a}_1$ である. 従つて前例と同様にして次の如くに漸近展開が得られる.

$$\begin{aligned}
e(t, x) &= E \left\{ \mathfrak{R}_0(t, \lambda) + \mathfrak{R}_{a_1}(t, \lambda) \right. \\
& + \mathfrak{R}_{\bar{a}_1}(t, \lambda) \left. \right\} \frac{\lambda^2}{\lambda^2 + A\lambda\sqrt{\lambda} + B} \varepsilon^{-\sqrt{C R \lambda} x} \\
&= E \left\{ \frac{a_1^3 + B a_1 - A a_1^2 \sqrt{a_1}}{(a_1 - \bar{a}_1)(a_1 - a_2)(a_1 - \bar{a}_2)} \varepsilon^{\alpha_1 t - \sqrt{a_1 C R} x} \right. \\
& \quad \left. + (\text{共轭値}) \right\} \\
& + E \mathfrak{R}_0(t, \lambda) \left\{ 1 + \sum_{k=1}^2 \left(\frac{A_k}{\lambda - a_k} + \frac{\bar{A}_k}{\lambda - \bar{a}_k} \right) \right\} \varepsilon^{-\sqrt{C R \lambda} x} \\
& - E \mathfrak{R}_0(t, \lambda) \sum_{k=1}^2 \left(\frac{B_k}{\lambda - a_k} + \frac{\bar{B}_k}{\lambda - \bar{a}_k} \right) \sqrt{\lambda} \varepsilon^{-\sqrt{C R \lambda} x} \\
& \sim E \left\{ \frac{a_1^3 + B a_1 - A a_1^2 \sqrt{a_1}}{(a_1 - \bar{a}_1)(a_1 - a_2)(a_1 - \bar{a}_2)} \varepsilon^{\alpha_1 t - \sqrt{a_1 C R} x} \right. \\
& \quad \left. + (\text{共轭値}) \right\} \\
& + E \left\{ 1 + \sqrt{\frac{C R}{\pi t}} x \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-)^{n-1} (C R x^2)^n}{(2n+1)n!} \left(\frac{C R x^2}{4t} \right)^n \right\} \\
& - E \sum_{k=1}^2 \left(\frac{A_k}{a_k} + \frac{\bar{A}_k}{\bar{a}_k} \right) \\
& + \frac{E}{\sqrt{\pi t}} \left\{ \sum_{k=1}^2 \frac{1}{a_k} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(a_k C R x^2)^n}{(2n)!} \left(\frac{A_k \sqrt{C R} x}{2n+1} + B_k \right) \right.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \cdot \sum_{m=n}^{\infty} \frac{(-)^m (2m)!}{m! (4a_k t)^m} \\
& + (\text{共轭値}) \left. \right\}, \quad (x > 0),
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
i(t, x) &= E \sqrt{\frac{C}{R}} \left\{ \mathfrak{R}_0(t, \lambda) + \mathfrak{R}_{a_1}(t, \lambda) \right. \\
& + \mathfrak{R}_{\bar{a}_1}(t, \lambda) \left. \right\} \frac{\lambda^2 \sqrt{\lambda}}{\lambda^2 + A\lambda\sqrt{\lambda} + B} \varepsilon^{-\sqrt{C R \lambda} x} \\
& + E \sqrt{\frac{C}{R}} \left\{ \frac{(a_1^3 + B a_1) \sqrt{a_1} - A a_1^3}{(a_1 - \bar{a}_1)(a_1 - a_2)(a_1 - \bar{a}_2)} \varepsilon^{\alpha_1 t - \sqrt{a_1 C R} x} \right. \\
& \quad \left. + (\text{共轭値}) \right\} \\
& + E \sqrt{\frac{C}{R}} \mathfrak{R}_0(t, \lambda) \left\{ 1 + \sum_{k=1}^2 \left(\frac{A_k}{\lambda - a_k} \right. \right. \\
& \quad \left. \left. + \frac{\bar{A}_k}{\lambda - \bar{a}_k} \right) \right\} \sqrt{\lambda} \varepsilon^{-\sqrt{C R \lambda} x} \\
& - E \sqrt{\frac{C}{R}} \mathfrak{R}_0(t, \lambda) \sum_{k=1}^2 \left(\frac{B_k}{\lambda - a_k} + \frac{\bar{B}_k}{\lambda - \bar{a}_k} \right) \lambda \varepsilon^{-\sqrt{C R \lambda} x} \\
& \sim E \sqrt{\frac{C}{R}} \left\{ \frac{(a_1^3 + B a_1) \sqrt{a_1} - A a_1^3}{(a_1 - \bar{a}_1)(a_1 - a_2)(a_1 - \bar{a}_2)} \varepsilon^{\alpha_1 t - \sqrt{a_1 C R} x} \right. \\
& \quad \left. + (\text{共轭値}) \right\} \\
& + E \sqrt{\frac{C}{\pi R t}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-)^n (C R x^2)^n}{n!} \left\{ 1 \right. \\
& \quad \left. - \frac{\sqrt{C R} x}{2n+1} \sum_{k=2}^2 (B_k + \bar{B}_k) \right\} \\
& - E \sqrt{\frac{C}{\pi R t}} \sum_{k=1}^2 \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \frac{(a_k C R x^2)^n}{(2n)!} \left(\frac{A_k}{a_k} + \frac{B_k \sqrt{C R} x}{2n+1} \right) \right. \\
& \quad \left. \cdot \sum_{m=n}^{\infty} \frac{(-)^m (2m)!}{m! (4a_k t)^m} + (\text{共轭値}) \right\}, \\
& \quad (x > 0).
\end{aligned}$$

(つづく)

ク イ ッ ク ヒ ー タ

短時間にミルクやコーヒーを御沸しに成りたい時が御座いませんか。それにはクイックヒーターが一番です。例えば飲料、ヒゲそり用湯沸しなどには最も便利です。

構 造

三菱アルミカヒーター(特許 145604 号)の應用品であり、ヒーターの發熱線は熱傳導度の良い耐熱電氣絶緣物の粉末で固く銅管の中に埋め込み、銅管はニッケルメッキを施し又コードの中間にはスイッチが附けてあります。

特 徴

- ☆簡単に電燈のソケットから御使用になれます。
- ☆銅管に觸れても感電の心配がありません。
- ☆發熱線は熱の放散が良く酸化の慮れがありません。
- ☆1リットル位の水量であれば電氣七輪の2.5倍も早く沸きます。



「三菱電機」 Vol.22 No. 2 掲載内容

製 品 概 況 集 録

電力用電機品
電動力應用品
一般工業用品
電鐵用電機品
家庭用電氣品

「三菱電機」 Vol.22 No. 4 内容豫定

直流 1500 V 電力回路に於けるサージに就いて……木村
自動熔接装置に就いて……荒井
電鐵用定電壓電動發電機……田中
DH-1 型ラジオヒーター……岡田
Heaviside 演算子法に對する新しい考察とその電氣回路解析に於ける應用(XV)……菅野

製 品 紹 介

「三 菱 電 機」

V O L . 2 2 N O . 3

昭和 23 年 7 月 15 日 印刷

昭和 23 年 7 月 20 日 發行

【禁 無 斷 轉 載】

定 價 1 部 金 4 圓 (送料 ¥ 5 圓)

編輯兼發行人

小 林 稻 城

印 刷 者

東京都中央區銀座 3 丁目 4 番地
佐 藤 保 太 郎

印 刷 所

東京都中央區銀座 3 丁目 4 番地
文 祥 堂 印 刷 株 式 會 社

發 行 所

東京都千代田區丸の内 2 丁目 2 番地
三 菱 電 機 株 式 會 社 內

「三 菱 電 機」編 輯 部

電話丸の内 (23) 3 3 4 4 (6)
日本出版協會々員番號 B213013