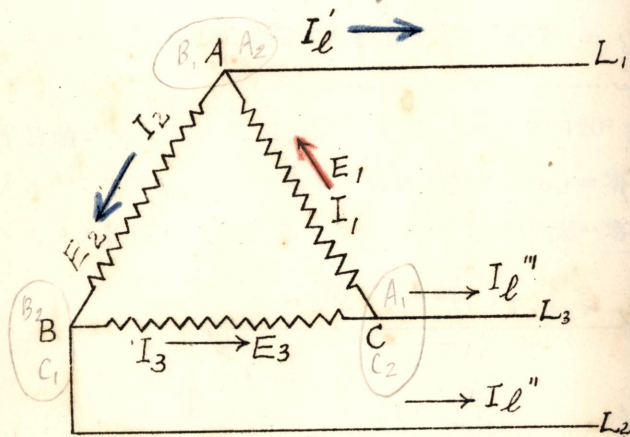


第 36 圖 (a) ハ三相式ノ網狀結線、即チ Δ 結線ヲ示スモノナリ、第 34 圖 (a) ノ三個ノ線輪ノ A_2 ト B_1 , B_2 ト C_1 , C_2 ト A_1 トヲ結ベルモノナリ、是等ノ接續點ヲ第 36 圖 (a) ニ於テハ夫々 A, B, C ヲ以テ示セリ、網狀結線ニテハ線間電壓ハ相電壓ト同一ナリ、若シ e_1, e_2, e_3 ガ (1) ニヨリ與ヘラルル關係ヲ完全ニ満足スル場合ニハ是等ノ和ハ零トナル、即チ

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0 \dots \dots \dots (5)$$

第 36 圖 (a)



實効値 E_1, E_2, E_3 ノ「ベクトル」圖ニ於テ E_1, E_2, E_3 ハ 120° 隔テタル大サ等シキ「ベクトル」ナルヲ以テ其ノ合成値ハ零ナリ、若シモ發電機ガ Δ 結線ニナサレタリトシ其ノ各相ノ起動力ニツキ (1) ノ關係ガ完全ニ成立スレバ從ツテ (5) ガ成立スルヲ以テ幹線路ガ開カレテアル場合ニ各線輪ニテナレル回路ニ電流ナシ、然レ共 (1) ガ完全ニ成立セズ、從ツテ (5) ガ成立セザル場合ニ

Main lines

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= \sqrt{2} E_1 \sin \omega t \\ e_2 &= \sqrt{2} E_2 \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) \\ e_3 &= \sqrt{2} E_3 \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi) \end{aligned} \right\} \text{--- (1)}$$

$$E_L = \sqrt{3} E \text{ --- (2)}$$

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= \sqrt{2} I \sin(\omega t - \phi) \\ i_2 &= \sqrt{2} I \sin(\omega t - \phi - \frac{2}{3}\pi) \\ i_3 &= \sqrt{2} I \sin(\omega t - \phi - \frac{4}{3}\pi) \end{aligned} \right\} \text{--- (3)}$$

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \text{ --- (4)}$$

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0 \text{ --- (5)}$$

$$I_L = \sqrt{3} I \text{ --- (6)}$$

Δ
網狀結線

① 線内電圧 =

$$E_{\Delta} = E$$

L_1, L_2, L_3 〇 Open circuit
此場合 回路 = 電流 +



ハ合成起動力 $e_1 + e_2 + e_3$ ガ小ナルモノナリトハ三線輪ヨリナル開
 電路ニハ割合ニ大ナル電流ガ存在シ幹線路ガ開カレテアルトキト
 雖從ニ電力ノ消費ヲナスコトトナルベシ、

線路 L_1, L_2, L_3 ニ於ケル電流ヲ夫々 I_1', I_2'', I_3''' トス、線輪ノ
 接續點 A, B, C ニ於テ夫々次ノ關係アリ、

$$i_1' = i_1 - i_2$$

$$i_2'' = i_2 - i_3$$

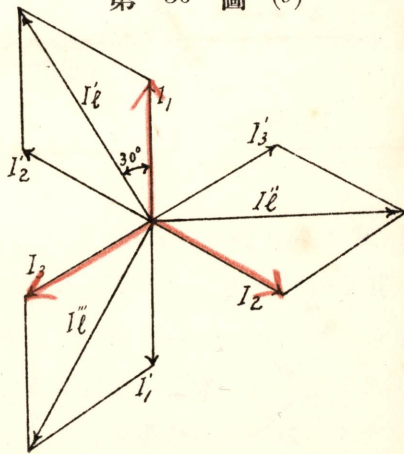
$$i_3''' = i_3 - i_1$$

而シテ

$$i_1' + i_2'' + i_3''' = 0$$

即チ L_1, L_2, L_3 ノ中ノ任意ノ一線ヲ他ノ二線ノ歸線ト見做スコ
 トヲ得、各相電流ガ (3) ニヨリ表ハサルルトキニハ實効値 I_1, I_2, I_3
 ト I_1', I_2'', I_3''' トノ關係ハ第 36 圖 (b) ニ示セルガ如シ、此ノ場合
 ニハ I_1', I_2'', I_3''' ハ互ニ 120° 隔タリタル等シキ大サノ「ベクトル」

第 36 圖 (b)



前圖ト連
 係ト連
 絡セシ
 以前ノ

$$I = \frac{E}{Z}$$

E 小ナルニ Z 小ナル故

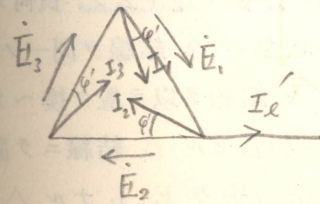
I 相大ナルナリ

→ 故カカル事無キトモ結果
 完全ニ作ラザルベカラズ

$$i_1 = i_2 + i_3$$

Balance トラキヲマ

$$i_1' + i_2'' + i_3''' = 0$$



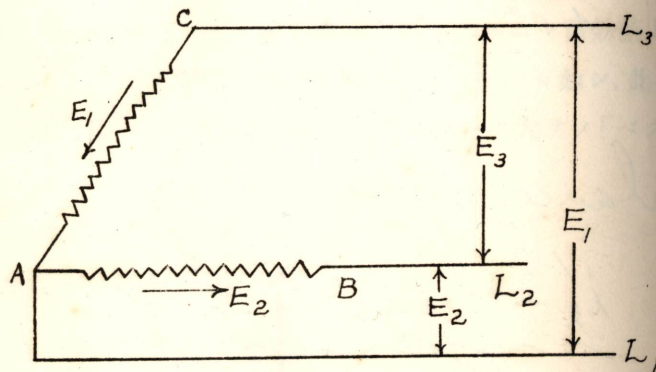
ニテ表ハサレ、其ノ大サハ圖ニヨリ容易ニ知ラルル如ク、

$$I_l = \sqrt{3} I \dots \dots \dots (6)$$

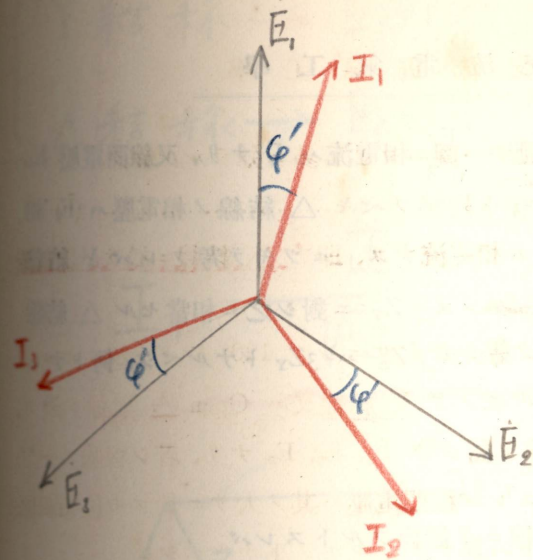
但シ I_l ハ線電流、 I ハ相電流ナリ、即チ Δ 結線ニ於テハ線電流ハ相電流ノ $\sqrt{3}$ 倍ナリ、

第 36 圖 (c) ノ如ク等シキ大サニシテ 120° 位相ヲ異ニセル二線輪ヲ直列ニ連結セルモノヲ V 結線 又ハ Open Δ 結線 ト云フ、線間電壓ハ Δ 結線ト同ジク E_1, E_2, E_3 ナリ、若シ線輪ノ一ヲ逆ニ連結シタリトスレバ線間電壓ハ其ノ大サニ於テモ位相關係ニ於テモ前記ノモノトハ異ナリタルモノトナルベシ、

第 36 圖 (c)



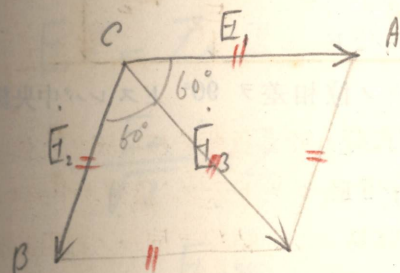
Y 結線又ハ Δ 結線ノ負荷ニ於テ負荷ノ相電流ガ夫々 (1), (2) ニテ表ハサルトキ負荷ハ平衡セリト云フ、負荷ガ平衡セル場合ニハ上掲ノ關係ニヨリテ容易ニ Δ 結線ヲ同一ノ線間電壓、線電流及其等ノ位相關係ノ Y 結線ヲ以テ置き換ヘテ考フルコトヲ得、又逆ニ Y 結線ヲ之ニ相當セル Δ 結線ニテ置換ヘテ考フルコトヲ得、線間電壓、線電流ガ夫々 E_l, I_l ナル Δ 結線ト置き換



Δ 結線

(2) 線電流 = $\sqrt{3}$ x 相電流

E_3 : BC 向ノ電圧



フベキ Y 結線ノ相電壓ハ $\frac{E_l}{\sqrt{3}}$, 相電流ハ I_l ナリ, 又線間電壓 E_l 線電流 I_l ナル Y 結線ト置換フベキ Δ 結線ノ相電壓ハ E_l 相電流ハ $\frac{I_l}{\sqrt{3}}$ ナリ, 「イムピーダンス」ニツキテ考フレバ Y 結線ノ每相毎ノ「イムピーダンス」 Z_Y ニ對シ之ニ相當セル Δ 結線ノ各相毎ノ「イムピーダンス」 Z_Δ ハ $3Z_Y$ トナルベシ, 何トナレバ

$$Z_Y = \frac{E_l}{\sqrt{3} I_l}$$

此ノ Y 結線ヲ Δ 結線ニテ置換フルトスレバ

$$Z_\Delta = \frac{E_l}{\frac{I_l}{\sqrt{3}}} = \frac{\sqrt{3} E_l}{I_l} = 3Z_Y$$

線間電壓, 線電流ノ相關係ガ兩結線ニ於テ同一ナラザルベカラズ, 從テ相電壓, 相電流間ノ相關係モ同一ナラザル可ラズ, 故ニ

$$Z_\Delta \angle \varphi^\circ = 3Z_Y \angle \varphi^\circ$$

二相獨立式ニテハ相電壓ト線間電壓トハ同一ナリ, 相電流ト線電流トモ同一ナリ, 三線ノ二相式ニテハ相電壓ヲ E , 線間電壓ヲ E_l トスレバ

$$E_l = \sqrt{2} E$$

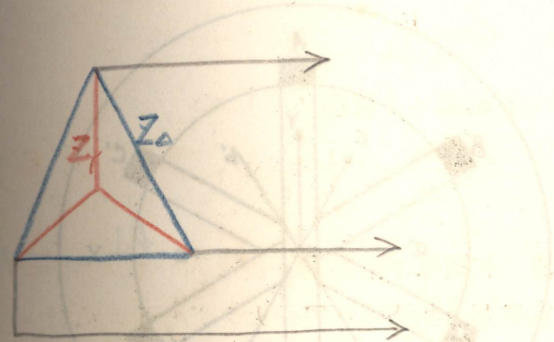
$I_1 = I_2 = I$ ニシテ I_1 ト I_2 トノ位相差ヲ 90° トスレバ中央線ノ電流ハ次ノ如シ、

$$I_0 = \sqrt{2} I$$

兩者、位相差モ相等シナル

Y 結線 $\rightarrow E_Y = \sqrt{3} E, I_Y = I$
 Δ 結線 $\rightarrow E_\Delta = E, I_\Delta = \sqrt{3} I$

$$\textcircled{\circ} I_Y = \frac{I_\Delta}{\sqrt{3}}, E_\Delta = \frac{E_Y}{\sqrt{3}}$$



$$E_Y = Z_Y I_Y$$

$$E_\Delta = Z_\Delta I_\Delta$$

$$\frac{E_\Delta}{\sqrt{3}} = Z_Y \sqrt{3} I_\Delta$$

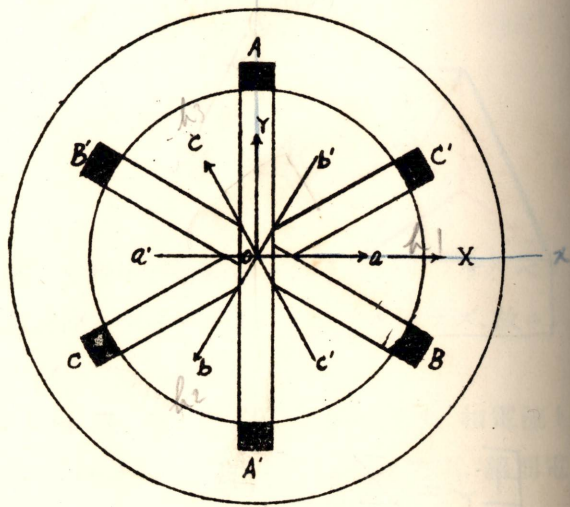
$$\textcircled{\circ} E_\Delta = 3 Z_Y I_\Delta$$

$$\underline{\underline{Z_\Delta = 3 Z_Y}}$$

二四、廻轉磁界、

第 37 圖ニ示セル如ク 3 個ノ線輪 AA', BB', CC' アリ、各線輪ハ n 捲ヨリ成レルモノトス、互ニ 120° ヲ隔テテ置カル、之ノ線輪ヘ對稱三相式ノ電流ガ送ラルルモノトス、各磁路ノ磁氣抵抗

第 37 圖



相等シトスレバ各線輪ノ中心ニ生ズル磁界ハ

$$h_1 = Kn i_1 = Kn \cdot \sqrt{2} I \sin \omega t$$

$$h_2 = Kn i_2 = Kn \cdot \sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$h_3 = Kn i_3 = Kn \cdot \sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

但シ K ハ定數ナリ、各線輪ノ生ズル磁界ノ實効値ヲ H トスレバ

$$H = KnI$$

$$Z_\Delta = R_\Delta + jX_\Delta$$

$$Z_Y = R_Y + jX_Y$$

$$R_\Delta = 3R_Y$$

$$X_\Delta = 3X_Y$$

$$\phi' = \tan^{-1} \frac{X_\Delta}{R_\Delta} = \tan^{-1} \frac{X_Y}{R_Y}$$

(位相差相等シ)

$$i_1 = \sqrt{2} I \sin \omega t$$

$$i_2 = \sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{2}{3}\pi \right)$$

$$i_3 = \sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{4}{3}\pi \right)$$

第 37 圖ニ示セル Oa, Ob, Oc ハ夫々 h_1, h_2, h_3 ノ正ノ方向ヲ示セルモノナリ、電流ノ變化ニ伴ヒテ h_1 モ變化スレドモ常ニ aa' 線上ニアリ、 h_2, h_3 モ夫々 bb', cc' 線上ニアリテ強サ並ニ向キヲ變ズ、 OX, OY ノ軸ヲ圖ノ如ク定メ h_1, h_2, h_3 ヲ夫々是等兩軸ノ方向ニ分解ス、 OX 方向ノ分力ハ夫々

$$h_{1x} = Kn\sqrt{2} I \sin \omega t$$

$$h_{2x} = Kn\sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \cos \frac{2\pi}{3}$$

$$h_{3x} = Kn\sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \cos \frac{4\pi}{3}$$

OY ノ方向ノ分力ハ夫々

$$h_{1y} = 0$$

$$h_{2y} = Kn\sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \cos \frac{5\pi}{6}$$

$$h_{3y} = Kn\sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \cos \frac{\pi}{6}$$

故ニ

$$h_x = h_{1x} + h_{2x} + h_{3x} = Kn\sqrt{2} I \frac{3}{2} \sin \omega t$$

$$h_y = h_{1y} + h_{2y} + h_{3y} = Kn\sqrt{2} I \frac{3}{2} \cos \omega t$$

中心 O ニ於ケル合成磁界ヲ H_0 トスレバ

$$H_0 = \sqrt{(h_{1x} + h_{2x} + h_{3x})^2 + (h_{1y} + h_{2y} + h_{3y})^2}$$

$$= Kn\sqrt{2} I \times \frac{3}{2}$$

$$= \frac{3}{\sqrt{2}} H \text{ (定數)}$$

H_0 ガ OX トナセル角ヲ a トスレバ

$$h_x = h_1$$

$$h_y = 0$$

$$h_x = h_{1x} + h_{2x} + h_{3x} = K' \sin \omega t$$

$$h_y = h_{1y} + h_{2y} + h_{3y} = K' \cos \omega t$$

$$H_0 = \sqrt{h_x^2 + h_y^2}$$

$$= K' = Kn\sqrt{2} I \times \frac{3}{2}$$

$$= \frac{3}{\sqrt{2}} H$$

$$H = KnI$$

$$\tan \alpha = \frac{\Sigma h_y}{\Sigma h_x} = \cot \omega t = \tan \left(\frac{\pi}{2} - \omega t \right)$$

$$\therefore \alpha = \frac{\pi}{2} - \omega t$$

故ニ合成磁界ハ其ノ強サ一定ニシテ角速度 ω ヲ以テ廻轉ス、其ノ向キハ此ノ場合ハ右廻リナリ、

$$\omega t = \frac{\pi}{2}$$

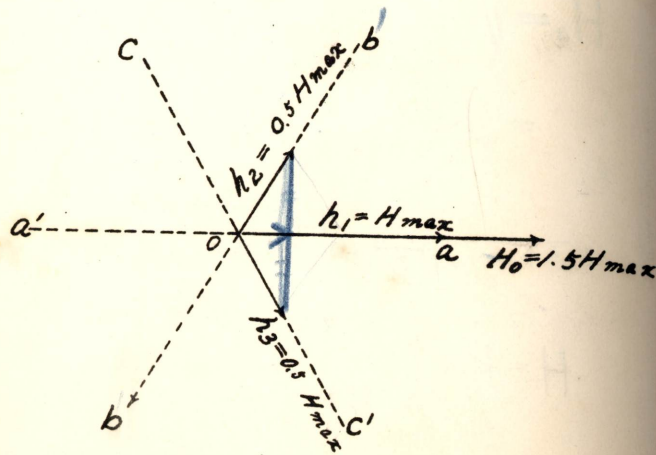
ナルトキ i_1 ニ基ケル磁界ハ最大トナル、 H_0 ノ方向ハ

$$\alpha = 0$$

故ニ H_0 ノ方向ハ h_1 ノ方向ト一致ス、即チ H_0 ハ相ノ進メル線輪ノ軸ノ方ヨリ相ノ遅レタル線輪ノ軸ノ方ヘ廻轉ス、二ツノ線輪ノ幹線ノ連結法ヲ取り換フレバ磁界廻轉ノ向キハ反對トナル、

第 38 圖 (t_1) ハ線輪 AA' ニ基ケル磁界ガ正ニシテ最大ナルトキノ各線輪ノ生ズル磁界並ニ合成磁界ヲ示ス、

第 38 圖 (t_1)



同相, 場合, $\frac{2\alpha}{8}$

同相, 同軸, 負, 方向 $\Rightarrow \pi$

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \omega t$$

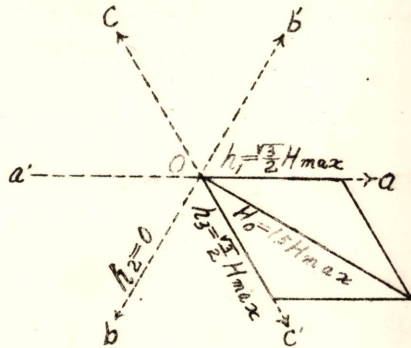
$$h = \frac{3}{2} H_m \varepsilon^{j(\frac{\pi}{2} - \omega t)}$$

$$\begin{cases} h_1 = K_n \sqrt{2} I = H_m \\ h_2 = -K_n \sqrt{2} I \frac{1}{2} = -\frac{1}{2} H_m \\ h_3 = -\frac{1}{2} H_m \end{cases}$$

$$\textcircled{H_0 = 1.5 H_m}$$

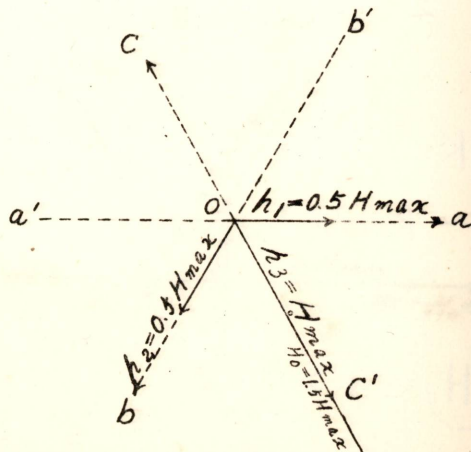
(t_2) は $\frac{T}{12}$ 秒後ノ時ニ於ケル各磁界並ニ合成磁界ヲ示ス、此ノ時線輪 BB' ニ基ケルモノハ零ナリ、

第 38 圖 (t_2)



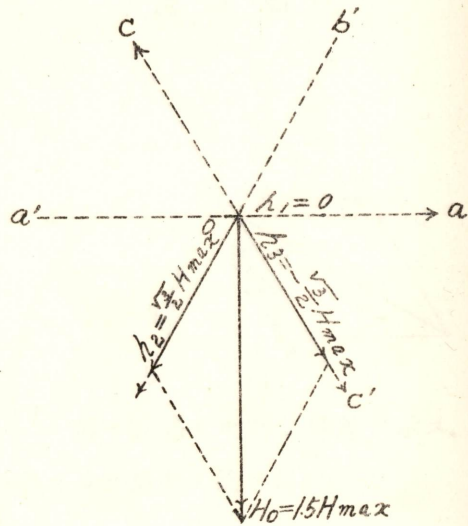
(t_3) は更ニ $\frac{T}{12}$ 秒ヲ經過セル時ノ状態ヲ示ス、此ノ時 CC' ニ基ケルモノハ負ニシテ最大ノ値ヲ有ス、

第 38 圖 (t_3)



(t_4) ハ更ニ $\frac{T}{12}$ 秒後ノ状態ニシテ AA' ニ基ケルモノハ零ナリ、

第 38 圖 (t_3)



上述ノ如ク廻轉磁界ヲ生ズルコトハ對稱多相式一般ノ特性ニシテ相等シキ捲數ヲ有スル q 個ノ線輪ガ等シキ角度ヲ隔テ置カレ是等ノ線輪ニ對稱 q 相式ノ電壓ガ與ヘラレ電流ガ送ラレタリトスレバ合成起磁力ハ

$$F_0 = \frac{qF}{\sqrt{2}} \quad (\text{定數})$$

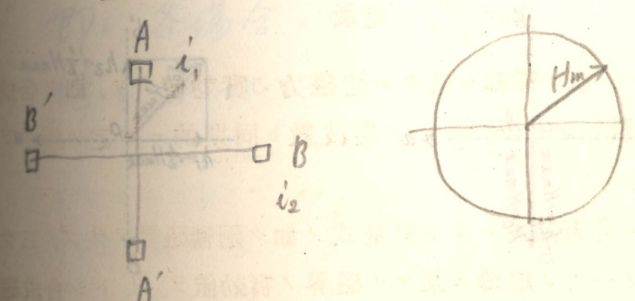
但シ F ハ一個ノ線輪ニ基ケル起磁力ノ實効値ナリ、即チ合成起磁力ハ定數ニシテ System ノ周波數ト同期的ニ一定ノ速サヲ以テ廻轉ス、

二相式ハ非對稱式ナルモ對稱式ノ如ク廻轉磁界ヲ生ズ、二ツノ線輪ノ内ノ一ツノ線輪ニ基ケル磁界ノ實効値ヲ H トシ合成磁界

二相式

$$i_1 = \sqrt{2} I \sin \omega t$$

$$i_2 = \sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

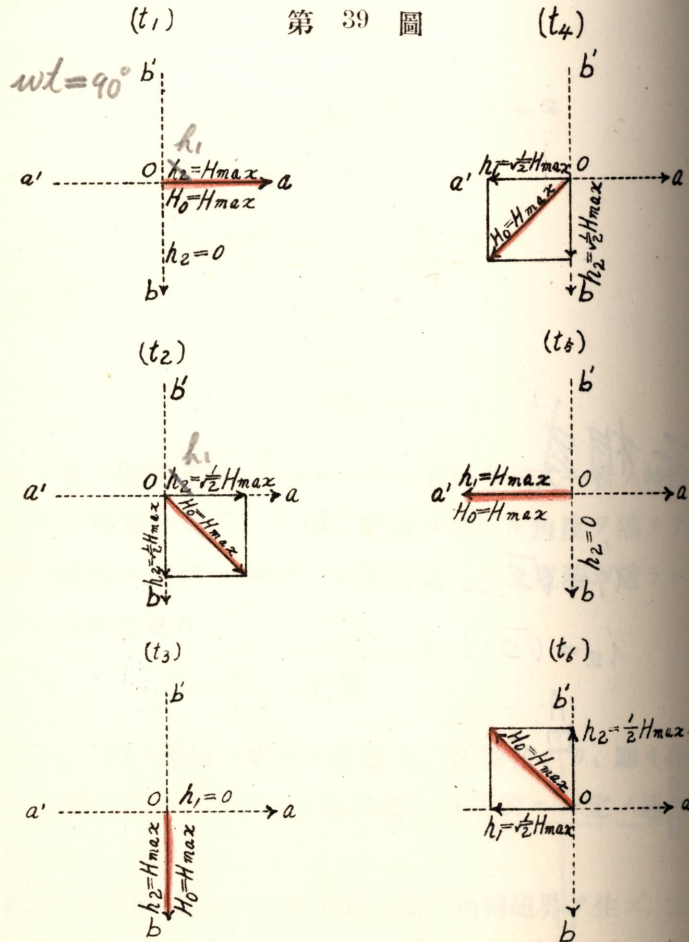


ノ強サヲ H_0 トスレバ

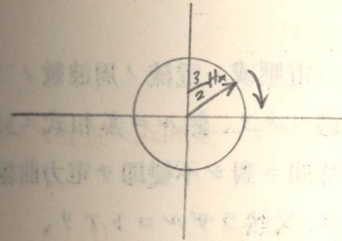
$$H_0 = \sqrt{2} H$$

第 39 圖ヲ參照スベシ、

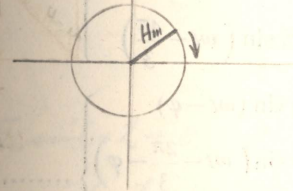
多相式ニヨリ廻轉磁界ヲ得ルコトハ多相式ノ重要ナル特質ノツナリ、



矢箱式



二相・場合 (特別)



矢箱式ヲ用ル場合ハ、回転磁界
 生ズル其、回転、円、ナラズ
 大体楕圓形ヲナス。
 即ち各場合ニ於テ合成磁力
 値ハ異ナル。

二五、多相式電力、

單相式ニテハ電力ノ瞬時値ハ電壓或ハ電流ノ周波數ノ二倍ノ周波數ヲ以テ變ズルコトヲ既ニ述ベタリ、然ルニ多相式ニ於テハ其ノ全體ニヨリ運バルル電力ハ時間ニ對シ不變即チ電力曲線ガ橫軸ニ平行ナル直線トナルコトアリ、又然ラザルコトアリ、

對稱三相式ニ於テハ

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= \sqrt{2} E \sin \omega t \\ e_2 &= \sqrt{2} E \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ e_3 &= \sqrt{2} E \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= \sqrt{2} I \sin (\omega t - \varphi) \\ i_2 &= \sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi \right) \\ i_3 &= \sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} - \varphi \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

此クノ如キ場合ニ

$$\begin{aligned} w &= 2EI \left\{ \sin \omega t \sin (\omega t - \varphi) + \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi \right) \right. \\ &\quad \left. + \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} - \varphi \right) \right\} \\ &= 3EI \cos \varphi = \text{常數} \end{aligned}$$

各相夫々ニヨリ運バルル電力ハ時間ノ函數ニシテ其ノ平均値ハ既ニ知ル如ク、 $EI \cos \varphi$ 從ツテ三相ニヨリ運バルル電力平均ハ $3EI \cos \varphi$ トナルベキモノナルガ上式ニヨリテ見レバ w ハ定數ニシテ其ノ値ガ $3EI \cos \varphi$ トナルモノナリ、第 40 圖ハ此ノ場合ノ關係ヲ示スモノニシテ點線ノ曲線 P ハ各相毎ニ運バルル電力ヲ示

電力

$$e = \sqrt{2} E \sin(\omega t + \theta)$$

$$i = \sqrt{2} I \sin(\omega t + \theta - \varphi)$$

$$w = e i = 2EI \sin(\omega t + \theta) \sin(\omega t + \theta - \varphi)$$

$$W = \frac{1}{T} \int_0^T w dt = EI \cos \varphi$$

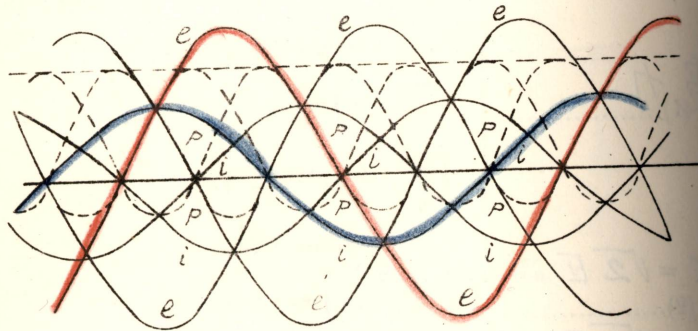
$$W = w_1 + w_2 + w_3 + \dots$$

$$= e_1 i_1 + e_2 i_2 + e_3 i_3 + \dots$$

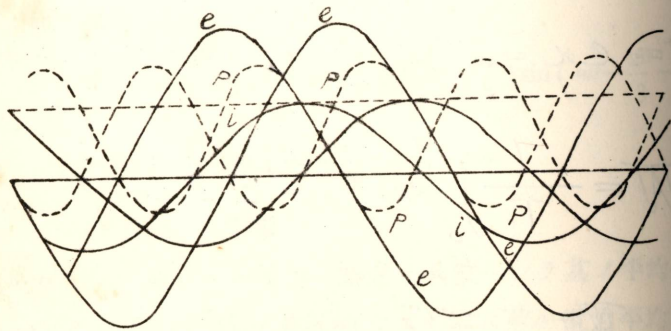
シ、横軸ニ平行ナル點線ハ System ニヨリ運バルル電力ヲ示スモノナリ、

前述ノ場合ニハ各相ノ電流ハ大サ等シク、夫々相電壓ニ對シ同一ノ角 ϕ ダケ遅ルルモノトセリ、(1), (2) ニヨリ與ヘラレタル如キ System ヲ平衡式ト云フ、

第 40 圖 (a)



第 40 圖 (b)



而シテ斯クノ如キ System ニヨリ送ラルル電力ハ時間ニ對シ一定不變ニシテ常數ナリ、二相式ハ非對稱式ナルモ平衡式トナリ、電力ガ常數トナルコトヲ得、

三相式、場合、如ク

$$W = W + n \text{ 相 平衡式}$$

二相式、非三相式 平衡式トナリ得

$$\left\{ \begin{aligned} & (V - \frac{1}{2}W) \cos \phi \\ & (V - \frac{1}{2}W) \cos \phi \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} & (V - \frac{1}{2}W) \cos \phi \\ & (V - \frac{1}{2}W) \cos \phi \end{aligned} \right.$$

三相式、場合、如ク

二相式、場合、如ク

三相式、場合、如ク

二相式、場合、如ク

三相式、場合、如ク

二相式、場合、如ク

三相式、場合、如ク

二相式、場合、如ク

三相式、場合、如ク

二相式、場合、如ク

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= \sqrt{2} E \sin \omega t \\ e_2 &= \sqrt{2} E \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= \sqrt{2} I \sin (\omega t - \varphi) \\ i_2 &= \sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} - \varphi \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

ナルトキ

$$\begin{aligned} w &= 2EI \left\{ \sin \omega t \sin (\omega t - \varphi) + \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} - \varphi \right) \right\} \\ &= 2EI \cos \varphi = \text{常數} \end{aligned}$$

System ノ電力が常數トナリ得ルコトハ多相式ノ重要ナル特質ノ一ツナリ、

① 三相式ニ於テ電力ヲ W トスレバ

$$W = 3EI \cos \varphi \dots\dots\dots (5)$$

E, I ハ平衡式ノ相電壓, 相電流ニシテ φ ハ E ト I トノ相差ナリ、線間電壓, 線電流ニテ W ヲ表ハセバ Y 結線ノ場合ニモ Δ 結線ノ場合ニモ

$$W = \sqrt{3} E_l I_l \cos \varphi \dots\dots\dots (6)$$

何トナレバ Y 結線ニテハ $E_l = \sqrt{3} E$, $I_l = I$, 又 Δ 結線ニテハ $E_l = E$, $I_l = \sqrt{3} I$ ナルヲ以テナリ、力率ハ

$$\text{力率} = \cos \varphi = \frac{W}{\sqrt{3} E_l I_l} \dots\dots\dots (7)$$

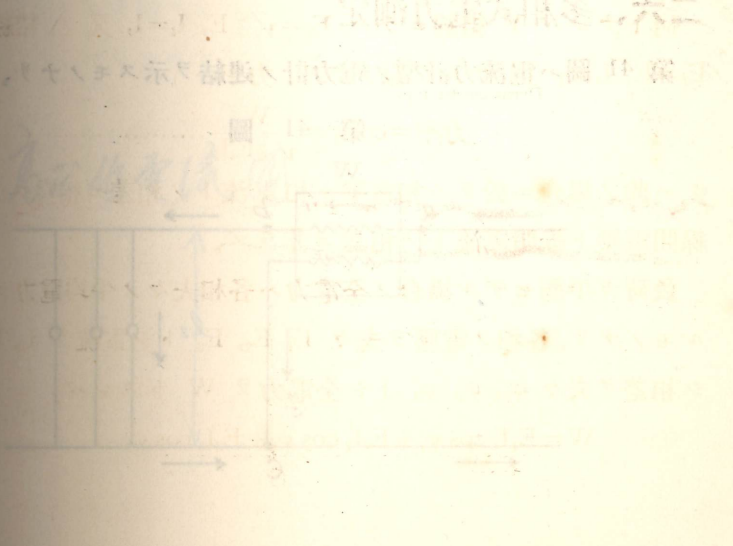
φ ハ此ノ場合ニ於テハ相電壓ト相電流トノ相差ニ相當ス、而シテ線間電壓ト線間電流トノ相差ニ非ラズ、

負荷ガ平衡セザル場合ノ全電力ハ各相夫々ノ平均電力ヲ加ヘタルモノナリ、各相ノ電壓ヲ夫々 E_1, E_2, E_3 トシ電流ヲ I_1, I_2, I_3 トシ相差ヲ夫々 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ トシ全電力ヲ W トスレバ

$$W = E_1 I_1 \cos \varphi_1 + E_2 I_2 \cos \varphi_2 + E_3 I_3 \cos \varphi_3$$

Handwritten notes and diagrams on the right page, including the formula $W = \sqrt{3} E_l I_l \cos \varphi$ and a diagram of a three-phase system.

① 線間電圧ト線電流トノ相差ニ非ラズ



E_1, I_1 等ハ皆夫々相電壓, 相電流ナリ、力率ハ

$$\begin{aligned} \text{力率} &= \frac{\text{總電力}}{\text{總皮相電力}} \\ &= \frac{\sum EI \cos \varphi}{\sqrt{(\sum EI \cos \varphi)^2 + (\sum EI \sin \varphi)^2}} \dots\dots(8) \end{aligned}$$

式(8)ニ於テ特ニ各相ニ於ケル相差ガ相等シキトキハ

$$\text{力率} = \frac{W}{E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3} \dots\dots(9)$$

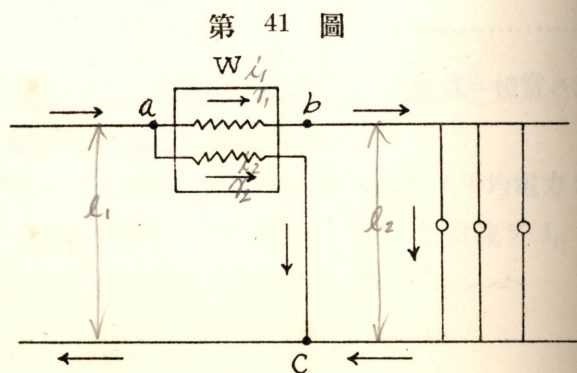
此ノ式ニ於テ E_1, I_1 等ハ相電壓, 相電流ナリ、若シ E_1, I_1 等ガ線間電壓, 線電流ナルトキ

$$\text{力率} = \frac{W}{\sqrt{3} \times \left(\frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} \times \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \right)} \dots\dots(10)$$

トナスコトアリ、力率ガ $\cos \varphi$ ニテ表ハサルルトキ(8)ニヨルモノハ平衡負荷, 不平衡負荷ニ於テ φ ハ「ベクトル」關係上意味ヲ有スルモ(9)又ハ(10)ニテ與ヘラルル場合ニ φ ハ不平衡負荷ニ於テ一定ノ意味ナキモノトナルベシ、

二六、多相式電力測定、

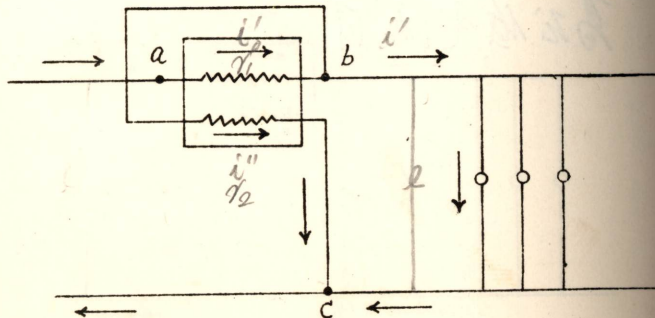
第41圖ハ電流力計型ノ電力計ノ連結ヲ示スモノナリ、
Dynamometer type



高圧電流用

ab は電力計 W の電流線輪, bc は電圧線輪ナリ、前者ハ固定シ、後者ハ是等兩者ノ電流ノ作用ニ基ク所ノ廻轉力ヲ受ケテ廻轉ス、此ノ廻轉力ノ瞬時値ハ電流線輪ノ電流ト電圧線輪ノ電流トノ乘積ニ比例ス、然ルニ圖ノ如キ連結ニ於テハ電流線輪ノ電流ハ負荷電流 i ナリ、電圧線輪ノ電流ハ電流線輪ニ於ケル電壓降下ヲ監視スレバ負荷兩端ノ電壓 e ニ比例スルモノナリ、故ニ廻轉力ハ乘積 ei ニ比例ス、即チ電力 w ニ比例ス、此クノ如ク電圧線ノ受ケル廻轉力ハ乘積 ei 即チ w ニ比例スルモ電圧線輪並ニ之ニ附屬セル指針ハ w ノ瞬時値ノ急速ナル變化ニ應ズルコト能ハズシテ其ノ平均値ニヨリテ支配セラル、而シテ指針ノ指示スル位置ハ指針ヲ廻轉セシメントスル上述ノ廻轉力ノ平均値ガ之ニ附屬セル螺旋彈條制御裝置ニ基ク所ノ制御廻轉力ト平衡ヲ保ツ所ノ位置ナリ、此クノ如クニシテ指針ハ w ノ平均値、即チ測定セントスル電力 W ヲ指示スベシ、第 41 圖ノ連結ニ於テハ嚴密ニ言ヘバ電流線輪中ニ於ケル損失ガ加ハルコトナルガ之ヲ第 42 圖ノ如クナスモ之ニヨリテ得ルモノハ電圧線輪ニ於ケル損失ダケ測定セントスル負荷ニ供給サルル電力 W ヨリ大ナルベシ、

第 42 圖



Watt Meter.

目盛、同一方向 +1、

$$i_0 = i' + i''$$

$$W = i_0 e = e i' + e i''$$

$$= w' + e i'' \quad (e = r_2 i'')$$

$$= w' + i''^2 r_2$$

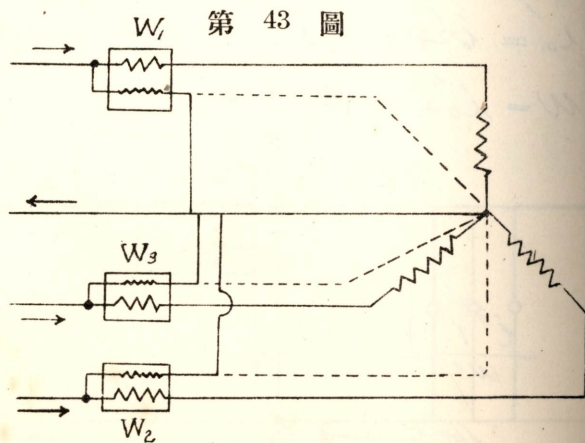
$$\frac{i''^2 r_2}{w'} = \frac{i'' \times r_2}{i' \times r_2} = \frac{e}{i'} \frac{1}{r_2}$$

低圧高電流用

第 41 圖、第 42 圖ニ於ケル矢符ハ電壓又ハ電流ノ正號向キ、此クノ如ク約束セントスルモノナリ、圖ノ如キ連結ニヨリテ指針ハ右ヘ振レテ相當セル目盛ヲ指示シ其ノ讀ミハ負荷ニ供給スル電力ヲ與フルモノナリ、電力計ヲ入ルルニ際シ先ツ電流線輪ヲ入タリトシ、次ニ電壓線輪ヲ連結シタルモノトシ、其ノ連結ガ適當ナレバ指針ハ右ニ振レ其ノ電力ヲ示ス所ノ目盛ヲ讀ミ得ルモ、若シモ電壓線輪ノ接續ガ逆トナリタリトスレバ、例ヘバ第 41 圖、第 42 圖ノ電力計ニ於テ電壓線輪 bc ノ c 端ヲ電流線輪ノ入リタル端ニ接續セシメ b 端ヲ他ノ線ニ接續セシメタリトスレバ電壓線輪ノ電流ハ前ノ増合ノ反對トナリ、廻轉力モ反對トナリ、指針ハ左ヘ振レントシ目盛ヲ讀ム能ハズ、此クノ如キ場合ニハ電壓線輪ノ接續ヲ取換ヘテ指針ヲ右ヘ振レシメテ其ノ目盛ヲ讀ム、指針ノ振テ改ムルニハ電流線輪又ハ電壓線輪ノ何レノ接續ヲ取換フルモヨレドモ、電流線輪ヨリモ電壓線輪ノ接續ヲ取換フル方ガ負荷ニテ影響無ク簡便ナリ、

(A) 三相式ノ電力測定、

1. 三電力計法、
Three wattmeter method



第 43 圖ノ如ク星形四線三相式又ハ星形三相式ニテ中性點ヲ使用シ得ルトキハ三個ノ電力計ヲ以テ全電力ヲ測ルコトヲ得、電力計ノ入レ方ハ圖ニ示セル如シ、

點線ハ中性線無キモ中性點ヲ使用シ得ル場合ノ連結法ナリ、各電力計ノ讀ミヲ夫々 W_1, W_2, W_3 トシ全電力ヲ W トスル

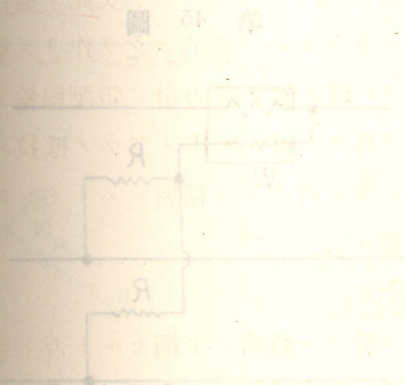
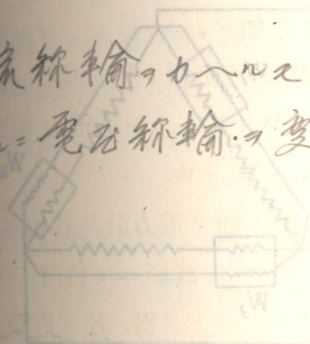
$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

網狀三相式ニテモ第 44 圖ノ如ク電力計ヲ各相ニ入レ得ル場合ニハ星形ノ場合ト同様ニナサル、波形ニモ負荷ノ平衡、不平衡ニモ關係無ク此ノ方法ヲ用フルコトヲ得、若シ負荷ガ平衡セコトガ確實ナラバ一個ノ電力計ニテ一ツノ相ニツキ測定シ其ノ値ヲ三倍シテ全電力トシテ可ナリ、又此ノ場合ニ若シモ中性線ヲ利用シ得ザルトキニハ一時的ニ之ヲ作りテ前記ノ方法ヲ用コトヲ得、第 45 圖ノ如ク電力計ノ電壓線輪ト二ツノ抵抗トニヨリ星形結線ヲ作ル、而シテ其ノ二ツノ抵抗ハ夫々電壓線輪ノ抵抗ニ等シクナセバ可ナリ、(精密ニハ「インダクタンス」ヲモ等シクナスヲ要ス)、

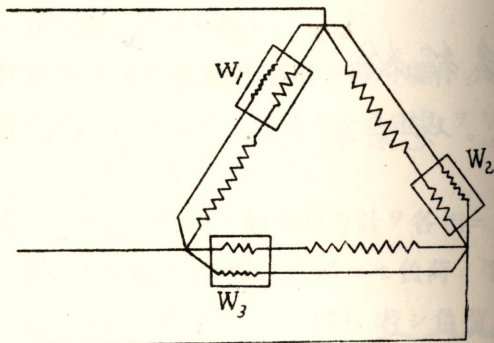
2 二電力計法、 Two-wattmeter method

三相三線式ニ於テハ負荷ノ平衡セルト否トニ關セズ波形ノ何ニ關セズ二個ノ電力計ヲ以テ全電力ヲ測定スルコトヲ得、一般ニ n 個ノ線ニテ送電セラルル結合式ノ全電力ハ $n-1$ 個ノ電力計ヲ以テ測定スルコトヲ得、 n 個ノ内任意ノ一線ヲ他ノ線テノ歸線ト見做スコトヲ得、電力計ノ電流線輪ヲ線路ニ直列ニ入レ、此ノ線路ト歸線ト見做セル線路トノ間ニ電壓線輪ヲ入テ電力計ヲ讀ミ、其ノ讀ミヲ代數的ニ加ヘテ全電力ヲ得、故ニ電力計ハ $n-1$ 個ニテ足ル、

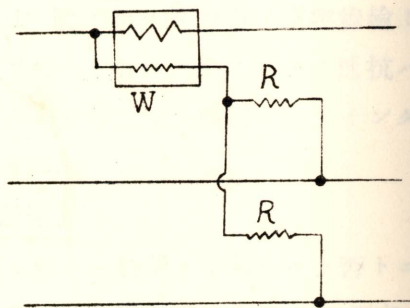
電流線輪ヲカへルなり
然レモ電圧線輪ヲ変へる方が良イ。



第 44 圖



第 45 圖

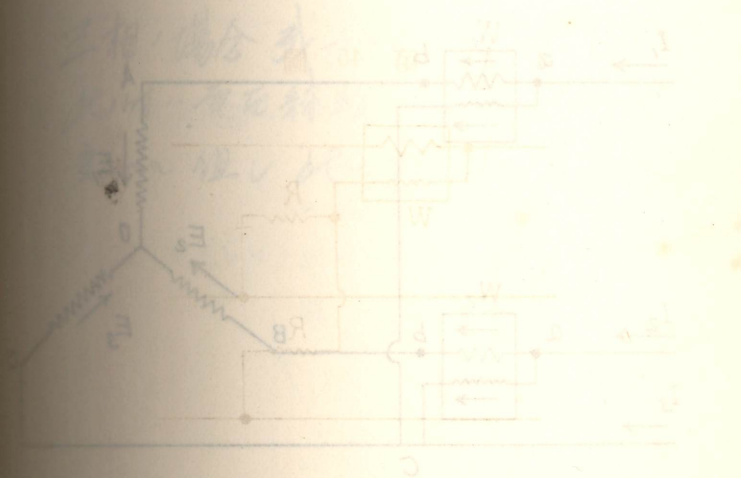


二電力計法ニ於テツノ電力計ノ讀ミヲ W_1 トシ他ノ一ノ電力計ノ讀ミヲ W_2 トスレバ全電力 W ハ W_1 ト W_2 トノ代數和ナリ、

$$W = W_1 + W_2$$

W_1, W_2 共ニ正號ノモノナル場合ニハ W ハ單ニ W_1 ト W_2 トヲ加フレバヨキモ、一ツノ讀ミガ負トナル場合アリ、此クハ

二電力計法ニ於テツノ電力計ノ讀ミヲ W_1 トシ他ノ一ノ電力計ノ讀ミヲ W_2 トスレバ全電力 W ハ W_1 ト W_2 トノ代數和ナリ、
 $W = W_1 + W_2$
 W_1, W_2 共ニ正號ノモノナル場合ニハ W ハ單ニ W_1 ト W_2 トヲ加フレバヨキモ、一ツノ讀ミガ負トナル場合アリ、此クハ

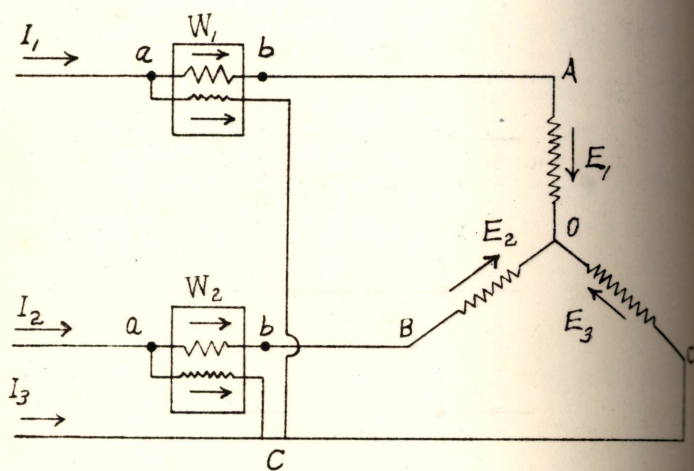


二電力計法ニ於テツノ電力計ノ讀ミヲ W_1 トシ他ノ一ノ電力計ノ讀ミヲ W_2 トスレバ全電力 W ハ W_1 ト W_2 トノ代數和ナリ、
 $W = W_1 + W_2$
 W_1, W_2 共ニ正號ノモノナル場合ニハ W ハ單ニ W_1 ト W_2 トヲ加フレバヨキモ、一ツノ讀ミガ負トナル場合アリ、此クハ

キ場合ニハ W ハ W_1 ト W_2 トノ代數和トナリ、實際ニハ二ツノ讀ミノ差ヲ以テ全電力トナス、今一ツノ讀ミガ時トシテ負荷ノモノトナルコトヲ示スタメ、正弦波ノ場合ニテ而カモ負荷が平衡セル場合ノ二ツノ讀ミ W_1 ト W_2 トヲ吟味スベシ、第 46 圖ハ負荷ヲ星形結線ナリトセルモノ第 47 圖ハ負荷ヲ網狀結線ナリトセルモノナリ、

電力計ハ第 41 圖ト同様ニ入レラレ電壓線輪並ニ電流線輪ノ電壓、電流ノ正負ノ向キモ第 41 圖ノ儘ナリ、

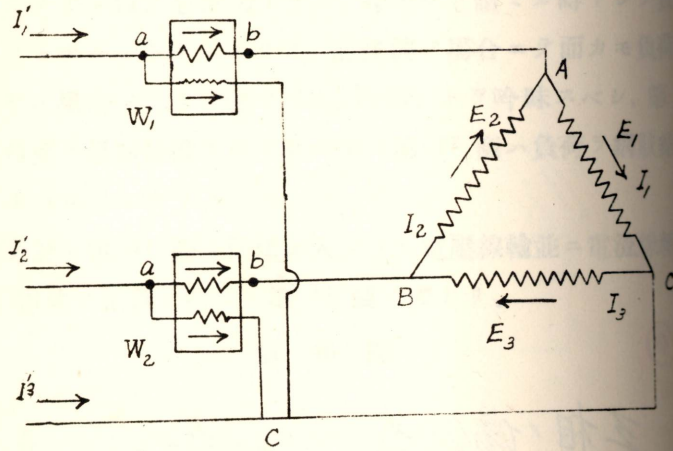
第 46 圖



第 46 圖ノ場合ニ於テ負荷各相ノ電壓、電流ノ正負ノ向キヲ圖ノ如ク定ムレバ電力計 W_1 ノ電流線輪ニハ負荷ノ相電流 I_1 ガ存在シ電壓線輪ノ兩端間ノ電壓ハ負荷ノ相電壓 E_1 ヨリ E_1 ヲ「ベクトル」トシテ減ゼシモノ $E_{1,3}$ ナリ、第 48 圖ヲ参照スベシ、

三相、場合或一ツノ振込機] 等。
 此時、電圧線輪、Connectionヲ
 変へ但し此、讀ミヲ負トス。

第 47 圖

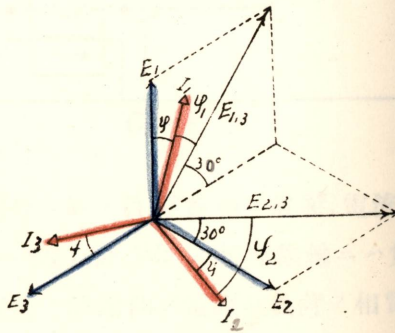


$E_{1,3}$ と I_1 との間ノ角ヲ φ_1 トスレバ電力計 W_1 ニヨリ讀マ
ルモノハ

$$W = E_{1,3} I_1 \cos \varphi_1$$

ナリ、 EI ヲ夫々負荷ノ相電壓、相電流トシ φ ヲ其ノ相差トスレバ

第 48 圖



$$E_{1,3} = \sqrt{3} E$$

$$\varphi_1 = 30^\circ - \varphi$$

ナルヲ以テ

$$W_1 = \sqrt{3} EI \cos(\varphi - 30^\circ) \dots \dots \dots (1)$$

次ニ電力計 W_2 ノ電流線輪ニハ負荷ノ相電流 I_2 ガ存在シ電
 壓線輪兩端間ノ電壓ハ負荷ノ相電壓 E_2 ヨリ E_3 ヲ「ベクトル」
 トシテ減ジタル $E_{1,3}$ ナリ、 $E_{1,3}$ ト I_2 トノ間ノ角ヲ φ_2 トスル
 バ電力計 W_2 ニヨリ讀マルルモノハ

$$W_2 = E_{1,3} I_2 \cos \varphi_2$$

然ルニ

$$E_{1,3} = \sqrt{3} E$$

$$\varphi_2 = 30^\circ + \varphi$$

ナルヲ以テ

$$W_2 = \sqrt{3} EI \cos(\varphi + 30^\circ) \dots \dots \dots (2)$$

(1) (2) ハ夫々電力計 W_1 , W_2 ノ讀ミヲ與フルモノナリ、是等
 兩式ヲ加フレバ全電力 W トナルコト勿論ナリ、即チ

$$\begin{aligned} W &= W_1 + W_2 \\ &= \sqrt{3} EI \cos(\varphi - 30^\circ) + \sqrt{3} EI \cos(\varphi + 30^\circ) \\ &= 3EI \cos \varphi \end{aligned}$$

第 47 圖ノ網狀結線ノ場合モ同様ニ電力計 W_1 ノ電流線輪ニ
 ハ負荷ノ相電流 I_1 ヨリ I_2 ヲ「ベクトル」トシテ減ジタル I_1
 ガ存在シ電壓線輪ニハ負荷ノ相電壓 E_1 ガ存在ス、 E_1 ト I_1' ト
 ノ間ノ角ヲ φ_1 トスレバ電力計 W_1 ニヨリ讀マルルモノハ

$$W_1 = E_1 I_1' \cos \varphi_1$$

第 49 圖ヲ参照スベシ、

$$W_1 = I_1 E_{1,3} \cos \varphi_1 = I_1 \sqrt{3} E_1 \cos(30^\circ - \varphi)$$

$$W_2 = I_2 E_{2,3} \cos \varphi_2 = I_2 \sqrt{3} E_2 \cos(30^\circ + \varphi)$$

$$30^\circ + \varphi > 90^\circ$$

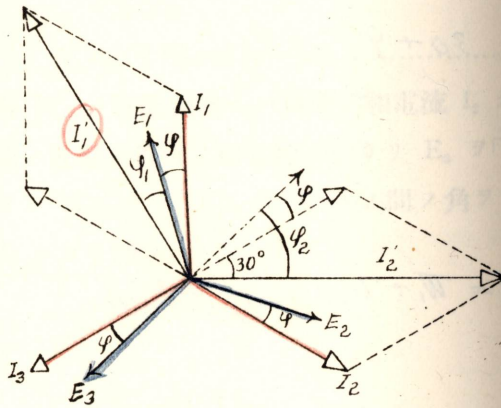
$$\varphi > 60^\circ$$

$$W_2 < 0$$

$$\cos \varphi > 0.5$$

$$W = W_1 + W_2 = \sqrt{3} EI \{ \cos(30^\circ - \varphi) + \cos(30^\circ + \varphi) \}$$

第 49 圖



$$I_1' = \sqrt{3} I$$

$$\varphi_1 = 30^\circ - \varphi$$

ナルヲ以テ

$$W_1 = \sqrt{3} EI \cos(\varphi - 30^\circ)$$

次ニ電力計 W_2 ノ讀ミヲ考フルニ電流線輪ニハ相電流 I_2 ヲリ I_3 ヲ「ベクトル」トシ減ジタルモノ I_2' ガ存在シ、電壓線輪ノ兩端間ノ電壓ハ負荷ノ相電壓 E_3 ヲ逆ニセルモノナリ、是等ノ間ノ角ヲ φ_2 トスレバ

$$\begin{aligned} W_2 &= \sqrt{3} E_3 I_2' \cos \varphi_2 \\ &= \sqrt{3} EI \cos(\varphi + 30^\circ) \end{aligned}$$

$I_2' = \sqrt{3} I$, $\varphi_2 = \varphi + 30^\circ$ ナルヲ以テナリ、 W_1 ト W_2 トノ和ハ全電力 $W = 3EI \cos \varphi$ トナルベシ、

儲負荷ガ星形ノ場合ニモ網狀ノ場合ニモ W_2 ノ式ヲ觀ルニ

$$I_1' + I_2 = I_1$$

$$\therefore I_1' = I_1 - I_2$$

$$I_1' = \sqrt{3} I$$

$$W_1 = E\sqrt{3} I \cos(30^\circ - \varphi)$$

$$= \sqrt{3} E I \cos(30^\circ - \varphi)$$

$$I_2 + I_3 = I_2' \quad \therefore I_2' = I_2 - I_3$$

$$-E_3$$

$$W_2 = \sqrt{3} E_3 I_2' \cos(30^\circ + \varphi)$$

$$W = W_1 + W_2$$

$$= 3EI \cos \varphi$$

$$\varphi > 60^\circ$$

即チ

$$\cos \varphi < 0.5$$

トナレバ W_2 ハ負トナル、全電力ハ W_1 ト W_2 トノ代数和ナルヲ以テ、スカカル場合ノ全電力 $W = 3EI \cos \varphi$ ハ二ツノ讀ミノ大ナルモノヨリ小ナルモノヲ減ジタル差トナルモノナリ、

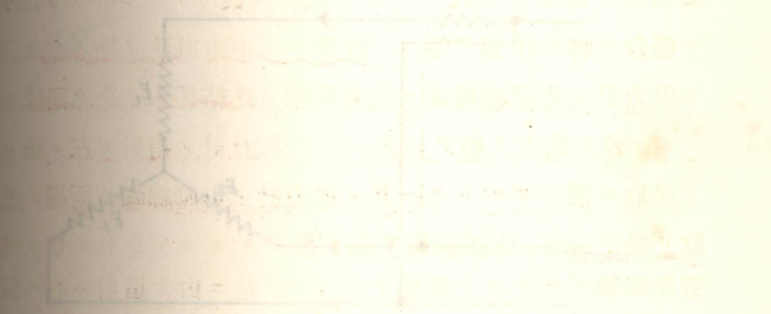
上述セル所ハ正弦波ノ平衡負荷ノ場合ニツキ力率 50% 以下ノ負荷ニテハ一ツノ讀ミガ負トナルコトヲ示シタルモノナリ、一般ニ三相三線式ニ二電力計法ヲ施シテ其ノ全電力ヲ測定スル場合ニハ時トシテ其ノ一ツノ讀ミガ負トナルコトアリ、力率低キ場合ニ特ニ注意ヲ要ス、實際ニ二電力計法ヲ施スニハ二個トモ電力計ノ電壓線輪並ニ電流線輪ノ連結挿入ヲ全く同様ニナスベシ、若シ此クノ如クシテ一ツノ電力計ノ指針ガ左ニ振レテ讀ミヲ取ル能ハザルトキハ其ノ電力計ノ電壓線輪ノ兩端ノ連結ヲ取り換フベシ、電流線輪ヲ取り換フルモヨケレドモ切り換ヘハ電壓線輪ニテナスヲ簡便ナリトス、是ニ由テ指針ハ右ヘ振レテ讀ミヲ取ルコトヲ得、而シテ全電力ハ既述ノ如ク二ツノ讀ミノ差ニヨリテ與ヘラルルモノナリ、

正弦波ノ平衡負荷ニ於テモ $\varphi = 0$ ナル場合ノ外ハ W_1 ハ W_2 ニ等シカラズ、正弦波平衡負荷ニ於テ力率ハ次式ニヨリ W_1 ト W_2 トヨリ計算スルコトヲ得、

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{\cos(\varphi - 30^\circ)}{\cos(\varphi + 30^\circ)} = \frac{\sqrt{3} + \tan \varphi}{\sqrt{3} - \tan \varphi}$$

$$\tan \varphi = \sqrt{3} \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}$$

$$\cos \varphi = \frac{W_1 + W_2}{2(W_1^2 + W_2^2 - W_1 W_2)^{\frac{1}{2}}}$$



Balance load

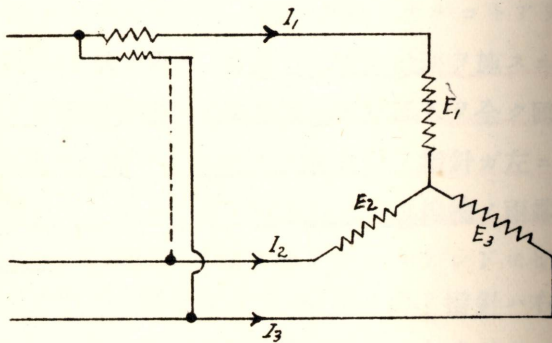


二電力計法ヲ一個ノ電力計ニテナスニハ其ノ電力計ヲ移シテ讀メバ可ナルモ此ノ間ニ回路ノ狀況ニ變化ナキコトヲ要ス、電流線輪ノ線路トノ切換ヘニハ短絡シテナスベシ、

3. 一電力計法、
One-wattmeter method

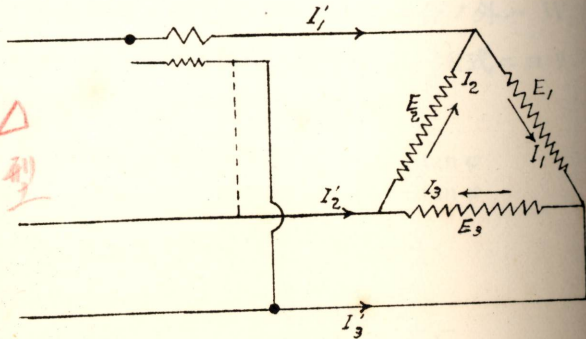
正弦波ニシテ平衡負荷ナル場合ニハ電壓線輪ヲ切り換ヘテ二ツノ讀ミ W_1, W_2 ヲ取ルモノニシテ、其ノ連結ハ第 50 圖、第 51 圖ニ示セルガ如シ、

第 50 圖



星型

第 51 圖

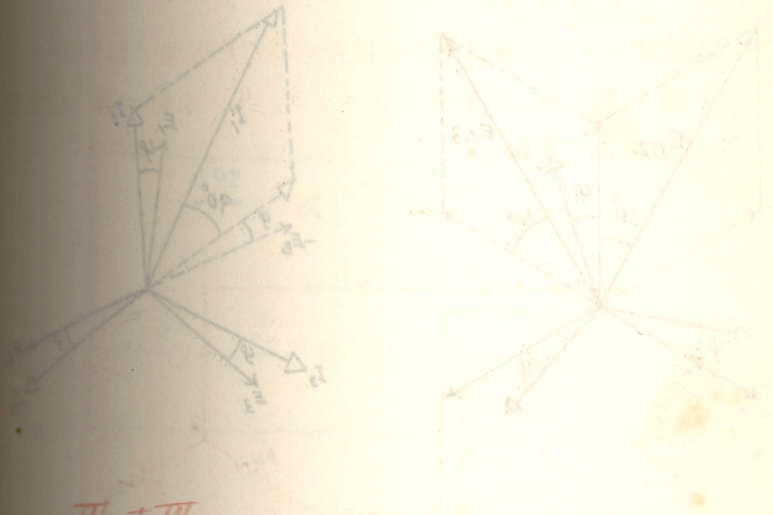


Δ型

第 50 圖ニ示セルガ如シ、第 51 圖ニ示セルガ如シ、

第 50 圖

第 51 圖



$W_1 \neq W_2$
 $W \neq 2W_1$

$W_1 = \sqrt{3} EI \cos(\varphi + 30^\circ)$

$W_2 = \sqrt{3} EI \cos(\varphi - 30^\circ)$

第 50 圖ニ示セルガ如シ、第 51 圖ニ示セルガ如シ、

$I_1 + I_2 = I_1'$

$I_1' = I_1 - I_2$

$I_1' = \sqrt{3} I$

$W_1 = \sqrt{3} E_2 I \cos(\varphi + 30^\circ)$

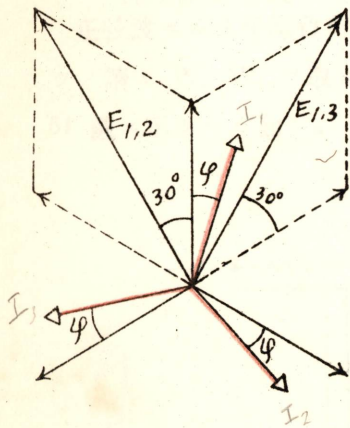
第 50 圖ニ示セルガ如シ、第 51 圖ニ示セルガ如シ、

第 50 圖ニ示セルガ如シ、第 51 圖ニ示セルガ如シ、

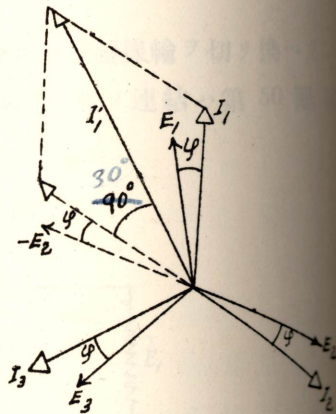
第 50 圖ニ示セルガ如シ、第 51 圖ニ示セルガ如シ、

第 52 圖, 第 53 圖ハ夫々ノ「ベクトル」圖ニヨル説明ナリ、

第 52 圖



第 53 圖



$$W_1 = \sqrt{3} EI \cos(\varphi + 30^\circ)$$

$$W_2 = \sqrt{3} EI \cos(\varphi - 30^\circ)$$

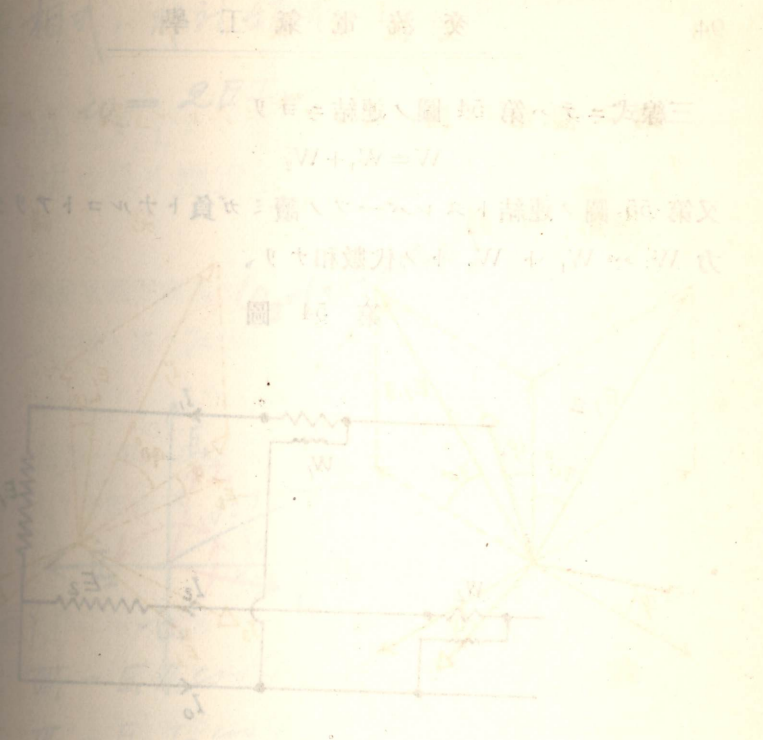
$\varphi < 60^\circ$ ナルトキハ全電力 W ハ W_1 ト W_2 トノ和ナリ、 $\varphi > 60^\circ$ トナレバ W ハ W_1 ト W_2 トノ差トナル、

$$W = W_1 + W_2 = 3 EI \cos \varphi$$

但シ E, I ハ相電壓, 相電流ナリ、

(B) 二相式ノ電力測定、

四線式ニ於テハ各相獨立セルヲ以テ單相式ノ場合ノ如クニシテ各相夫々電力ヲ測定シ是等ノ讀ミ W_1, W_2 ヲ加フレバ全電力トナル、負荷ガ平衡セルトキハ一ツノ讀ミヲ二倍スレバ可ナリ、



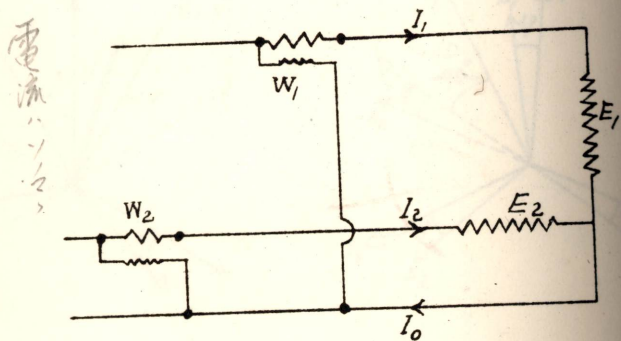
159 (31) 終

三線式ニテハ第 54 圖ノ連結ニヨリ

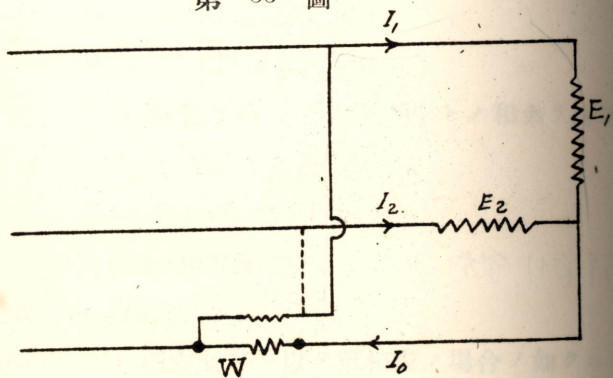
$$W = W_1 + W_2$$

又第 55 圖ノ連結トスレバ一ツノ讀ミガ負トナルコトアリテ全電力 W ハ W_1 ト W_2 トノ代數和ナリ、

第 54 圖



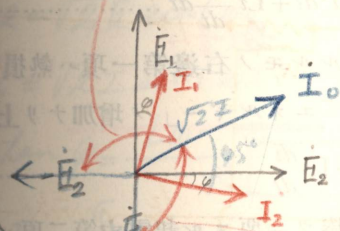
第 55 圖



三相式、非対称式、不平衡式トナリ

$$W = \sqrt{2} E I \cos \varphi$$

$$\varphi_2 = (90^\circ + 45^\circ + \varphi)$$



[54圖]

$$W_1 = E_1 I_1 \cos \varphi$$

$$W_2 = E_2 I_2 \cos \varphi$$

[55圖]

$$W_1 = \sqrt{2} E I \cos (90^\circ + 45^\circ - \varphi)$$

$$W_2 = \sqrt{2} E I \cos (90^\circ + 45^\circ + \varphi)$$

$$W = W_1 + W_2 = \sqrt{2} E I 2 \cos 15^\circ \cos \varphi$$

二七、抵抗ト「インダクタンス」トノ直列回路ニ於テ與ヘラレタル電壓ト是ニ由テ生ズル電流、

抵抗 R ト「インダクタンス」L ノ直列回路ガ電源ト共ニ閉路ヲナセルトキ「エネルギー」ノ方程式ハ次ノ如シ、

$$e \, dt = R i^2 dt + L i \frac{di}{dt} dt \dots\dots\dots (1)$$

左邊ハ電源ヨリ供給サルルモノ右邊第一項ハ熱損トナルモノ第二項ハ磁場ニ貯ヘラル「エネルギー」ノ増加ナリ上式ヨリ

$$e = R i + L \frac{di}{dt} \dots\dots\dots (2)$$

右邊第一項ハ抵抗ニ打ち勝ツニ要スル起電力第二項ハ「インダクタンス」ニ打ち勝ツニ要スル起電力ニシテ左邊ノ e ハ抵抗ト「インダクタンス」トノ回路ニ與ヘラルル起電力ナリ、

1° 抵抗ノミノ回路ニ正弦電壓ガ與ヘラレタル場合、

抵抗 R ノミノ回路ニツキテハ

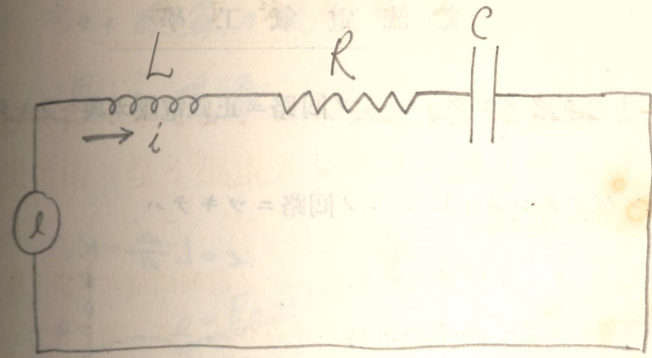
$$e = R i$$

而シテ

$$e = E_m \sin \omega t$$

$$i = \frac{e}{R} = \frac{E_m}{R} \sin \omega t \dots\dots\dots (3)$$

是ニ由テ如何ナル時刻ニ回路ガ閉ラルルトモ電流ハ瞬間ニ零トシテ e/R ノ値トナルモノナリ、例ヘバ $\omega t = 90^\circ$ 、即チ $e = E_m$ ノ時ニ回路ヲ閉ヂタリトスレバ其ノ瞬間ニ零ヨリ $\frac{E_m}{R}$ ノ値トナルベシ、而シテ過渡現象無シ、但シ回路ハ R ノミト見做サレタル場合ノコトナリ、



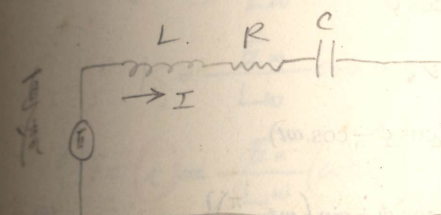
$$e = \sqrt{2} E \sin(\omega t + \theta)$$

$$i = \sqrt{2} I \sin(\omega t + \theta - \phi)$$

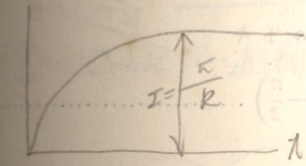
$$\tan \phi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$$

$$I = \frac{E}{Z} \quad Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$$

和ノ瞬間、電流、上記ト異ル。
 又ト原々第1項、上記、如クシテ
 之ニ定常状態ニ於ケル電流ナリ。



$$I = \frac{E}{R}$$



2° 「インダクタンス」ノミノ回路ニ正弦電壓ガ與ヘラレタル場合、

「インダクタンス」L ノミノ回路ニツキテハ

$$e = L \frac{di}{dt} \quad e = L \frac{di}{dt} + Ri$$

而シテ

$$e = E_m \sin \omega t$$

ナルトキ

$$L \frac{di}{dt} = E_m \sin \omega t$$

$$di = \frac{E_m}{L} \sin \omega t dt$$

$$i = -\frac{E_m}{L\omega} \cos \omega t + k \dots \dots \dots (4)$$

k ハ常數ナリ、 $t = \frac{\psi}{\omega}$ ナル時刻ニ回路ヲ閉ヂタリトスレバ、其ノ瞬間ニ $i = 0$ ナルヲ以テ

$$0 = \frac{E_m}{L\omega} \cos \psi + k$$

故ニ

$$k = -\frac{E_m}{L\omega} \cos \psi$$

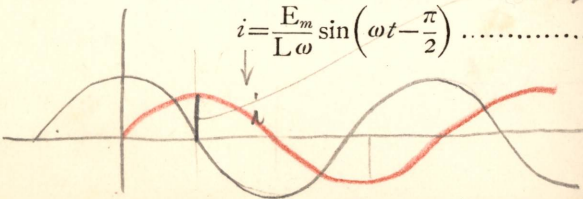
故ニ (4) ハ次式トナルベシ、

$$i = \frac{E_m}{L\omega} (\cos \psi - \cos \omega t) \\ = \frac{E_m}{L\omega} \left\{ \cos \psi + \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \right\} \dots \dots \dots (5)$$

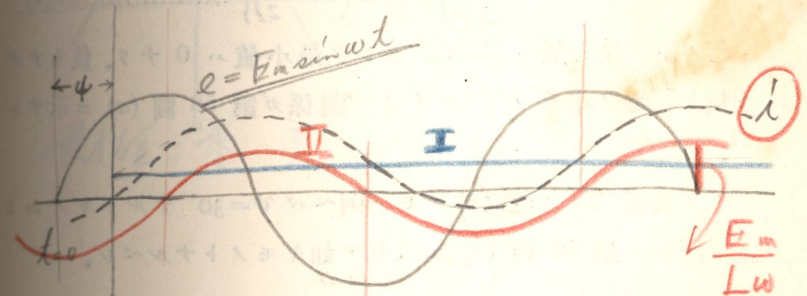
過渡現象無シ、

特別ノ場合トシテ $\psi = 90^\circ$ ナルトキ

$$i = \frac{E_m}{L\omega} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \dots \dots \dots (6)$$



一ツ、定常状態ヨリ他、定常状態ニ至ル中色ノ現象ヲ發生ス
之ヲ過渡現象トス。



$$t = t_1 \quad e = E_m \sin \omega t_1 \quad \omega t_1 = \psi + \pi \rightarrow t_1 = \frac{\psi}{\omega}$$

$$t_1 = \frac{\psi}{2\pi f} \quad e = E_m \sin \psi$$

$$t = t_1 \rightarrow i = 0$$

$$i = -\frac{E_m}{L\omega} \cos \omega t_1 + k = 0$$

$$k = \frac{E_m}{L\omega} \cos \omega t_1 = \frac{E_m}{L\omega} \cos \psi$$

$$i = \frac{E_m}{L\omega} (\cos \psi - \cos \omega t) \\ = \frac{E_m}{L\omega} \left\{ \cos \omega t_1 + \sin(\omega t - 90^\circ) \right\}$$

I: Const. 直線

II

此ノ場合ノ e ト i トノ關係ハ既ニ知ル所ノ第 9 圖ニ示セルモノナリ、

$\psi = 0$ ナルトキ

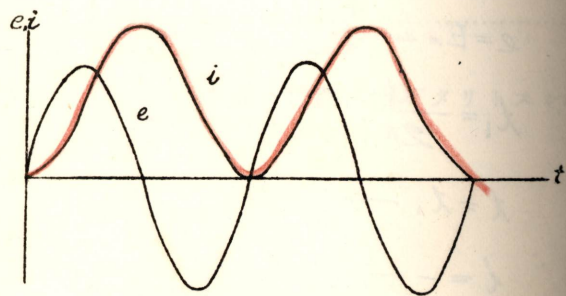
$$i = \frac{E_m}{L\omega} \left\{ I + \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \right\} \dots\dots\dots (7)$$

i ノ値ノ最大値ハ $2E_m/L\omega$ ニシテ最小値ハ 0 ナリ、負トナルコト無シ、此ノ場合ノ e ト i トノ關係ガ第 56 圖 (a) ニ示サレリ、

ψ ガ前記二ツノ値以外ノモノ例ヘバ $\psi = 30^\circ$ ナルトキノ e ト i トノ關係ハ第 56 圖 (b) ニ示セル如キモノトナルベシ、

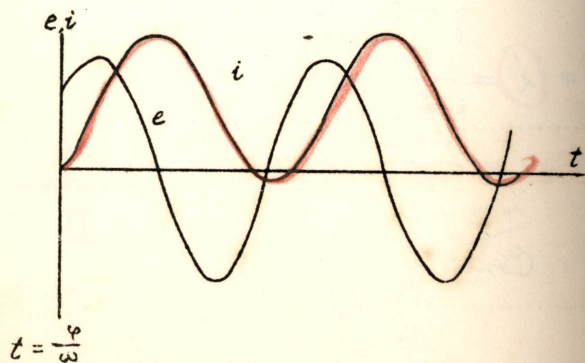
$\psi = 90^\circ$

第 56 圖 (a)



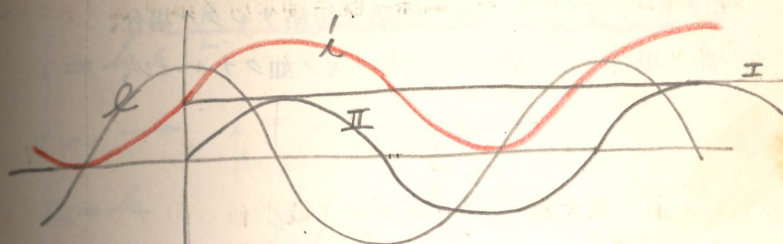
$\psi = 30^\circ$

第 56 圖 (b)

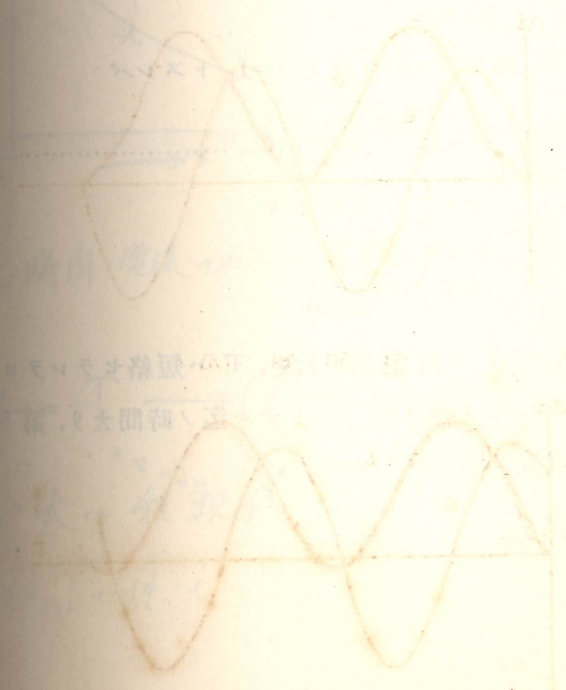


$\psi = 90^\circ$

$$i = \frac{E_m}{L\omega} \left\{ \cos \frac{\pi}{2} + \sin(\omega t - 90^\circ) \right\}$$



最小値、零 負 = ナル 7 ナシ



③ R と L とヲ有スル回路が短絡サレタル場合、
此ノ場合 $e=0$ 故ニ (2) 式ハ次ノ如クナルベシ、

$$Ri + L \frac{di}{dt} = 0$$

$$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L}i = 0$$

$$\frac{di}{i} = -\frac{R}{L} dt$$

$$\log i = -\frac{R}{L}t + \log k'$$

但シ k' ハ常數ニ由テ

$$i = k' \epsilon^{-\frac{R}{L}t}$$

短絡セルトキ、即チ $t=0$ ニ於テ $i=I_0$ トスレバ

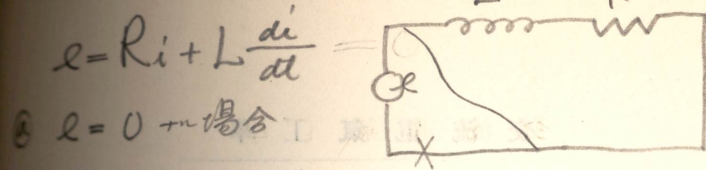
$$i = I_0 \epsilon^{-\frac{R}{L}t} \dots \dots \dots (8)$$

$$t = \frac{L}{R} \text{ ナルトキ}$$

$$i = \frac{I_0}{\epsilon} = \frac{I_0}{2.718}$$

$\frac{L}{R} = T$ ト置ク、 T ヲ時定數ト云フ、 T ハ短絡セラレテヨリ電流
ガ其ノ短絡ノトキノ値ノ約 $\frac{1}{3}$ トナル迄ノ時間ナリ、第 57 圖ハ
此ノ場合ノ電流ヲ示セルモノナリ、

→ 所要時間、大トナル程...

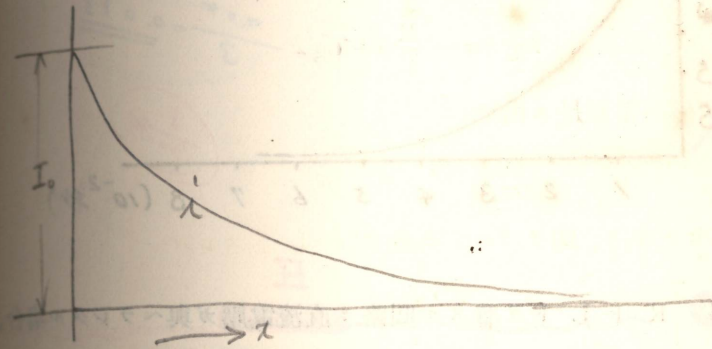


$$i = k \epsilon^{-\frac{R}{L}t}$$

$$t=0 \rightarrow i = I_0$$

$$I_0 = k$$

$$\therefore i = I_0 \epsilon^{-\frac{R}{L}t}$$

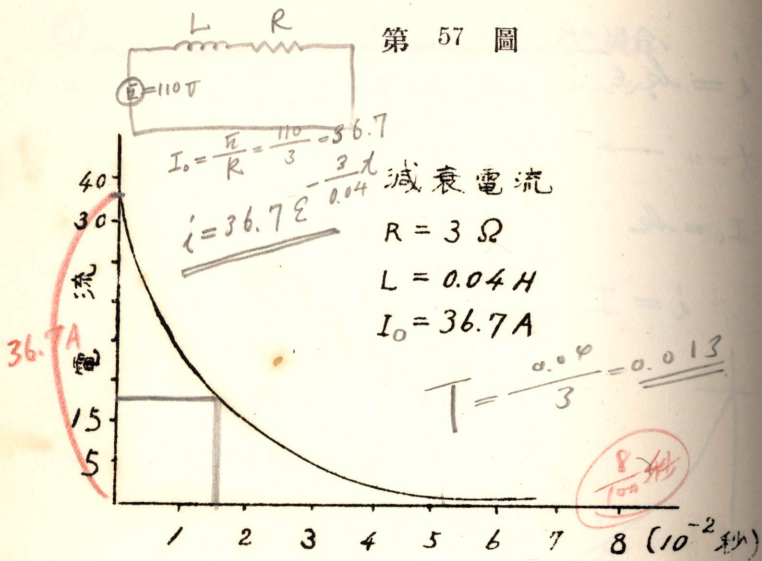


此ノ瞬間、電流ヲ知ルニ「陰極線オノグラフ」

$$\frac{L}{R} = T \rightarrow (\text{Time Constant}) \text{ 時定數}$$

之ハ大ナル程現象ハ速クナル。

$$t = T \text{ 時 } i = \frac{I_0}{2.7}$$



4

4° R と L とが有る回路に直流電圧が與へられた場合、

$e = E$ とすれば (2) 式は次の如くなるべし、

$$E = Ri + L \frac{di}{dt}$$

$$\frac{di}{i - \frac{E}{R}} = -\frac{R}{L} dt$$

$$\log \frac{i - \frac{E}{R}}{k} = -\frac{R}{L} t$$

$$i - \frac{E}{R} = k e^{-\frac{R}{L} t}$$

$t=0, i=0$ 故に

$$k = -\frac{E}{R}$$

$$i = \frac{E}{R} + e^{-\frac{R}{L} t} \left(\frac{E}{R} \right) \rightarrow k$$

$$= \frac{E}{R} + k e^{-\frac{R}{L} t}$$

$$t=0 \rightarrow i=0 \therefore \frac{E}{R} + k = 0 \therefore k = -\frac{E}{R}$$

$\frac{E}{R} = I_0$ ト置ケバ

$i = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right) \rightarrow I$

$= I_0 \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right) \dots \dots (9)$

又

$= I_0 - I_0 e^{-\frac{R}{L}t} \rightarrow II$

$I_0 - i = I_0 e^{-\frac{R}{L}t}$

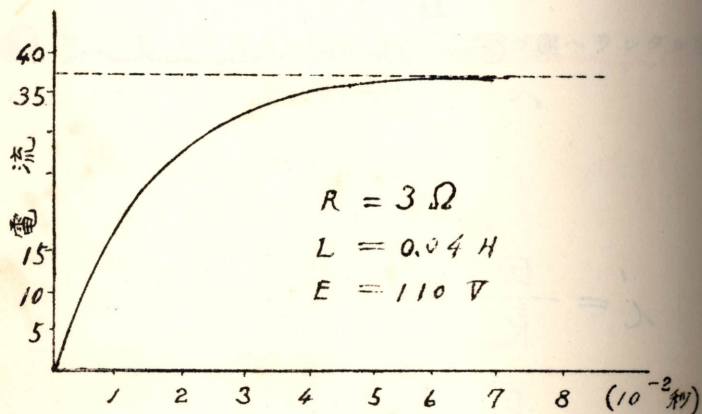
$i = \frac{L}{R} = T$ ナルトキ

$I_0 - i = \frac{I_0}{2.718}$

$\delta = 2.718$

第 58 圖ヲ参照スベシ、

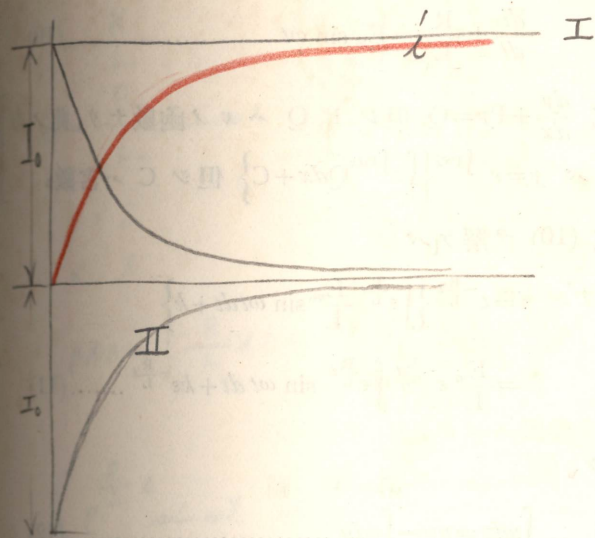
第 58 圖



5° R と L とヲ有スル回路ニ正弦電壓ガ與ヘラレタル場合、此ノ場合

$e = E_m \sin \omega t$

I → 定常
II → 過渡



之ヲ (2) 式ニ入レテ次式ヲ得ベシ、

$$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L}i = \frac{E_m}{L} \sin \omega t \dots\dots\dots(10)$$

微分方程式 $\frac{dy}{dx} + Py = Q$ 但シ P, Q ハ x ノ函數ナリ、此ノ方程式ヲ解ケバ $y = e^{-\int P dx} \left\{ \int e^{\int P dx} Q dx + C \right\}$ 但シ C ハ常數、

微分方程式 (10) ヲ解ケバ

$$\begin{aligned} i &= \varepsilon^{-\frac{R}{L}t} \left\{ \int \varepsilon^{\frac{R}{L}t} \frac{E_m}{L} \sin \omega t dt + k \right\} \\ &= \frac{E_m}{L} \varepsilon^{-\frac{R}{L}t} \int \varepsilon^{\frac{R}{L}t} \sin \omega t dt + k \varepsilon^{-\frac{R}{L}t} \dots\dots\dots(11) \end{aligned}$$

$\frac{R}{L} = a$ ト置ク、

$$\int u dv = uv - \int v du \dots\dots\dots(12)$$

ニ於テ

$$u = \varepsilon^{at} \quad dv = \sin \omega t dt$$

トスレバ

$$du = a \varepsilon^{at} \quad v = -\frac{1}{\omega} \cos \omega t$$

$$\therefore \int \varepsilon^{at} \sin \omega t dt = -\frac{\varepsilon^{at}}{a} \cos \omega t + \int \frac{a}{\omega} \varepsilon^{at} \cos \omega t dt \dots\dots(13)$$

又 (12) ニ於テ

$$u = \sin \omega t \quad dv = \varepsilon^{at} dt$$

トスレバ

$$du = \omega \cos \omega t dt, \quad v = \frac{1}{a} \varepsilon^{at}$$

$$\therefore \int \varepsilon^{at} \sin \omega t dt = \frac{\varepsilon^{at}}{a} \sin \omega t - \int \frac{\omega}{a} \varepsilon^{at} \cos \omega t dt \dots\dots(14)$$

$$P = \frac{R}{L}$$

$$Q = \frac{E_m}{L} \sin \omega t$$

$$y: i$$

$$x: t$$

$$\int P dx = \int \frac{R}{L} dt = \frac{R}{L} t$$

$$\int \varepsilon^{\frac{R}{L}t} \sin \omega t = \frac{\alpha \sin \omega t - \omega \cos \omega t}{\alpha^2 + \omega^2} \varepsilon^{\alpha t}$$

$$\frac{R}{L} = \alpha = \varepsilon^{\alpha t} \frac{\alpha \omega}{\alpha^2 + \omega^2} \left\{ \frac{\sin \omega t}{\omega} - \frac{\cos \omega t}{\alpha} \right\}$$

(13) = $\frac{\omega}{a}$ ヲ乗ジ (14) = $\frac{a}{\omega}$ ヲ乗ジテ加フレバ

$$\int e^{at} \sin \omega t dt = \frac{a\omega e^{at}}{a^2 + \omega^2} \left(\frac{\sin \omega t}{\omega} \right) - \left(\frac{\cos \omega t}{a} \right)$$

即チ

$$\int e^{\frac{R}{L}t} \sin \omega t dt = \frac{L}{R^2 + L^2 \omega^2} e^{\frac{R}{L}t} [R \sin \omega t - L\omega \cos \omega t]$$

此ノ式ニ於テ

$$\frac{L\omega}{R} = \tan \varphi$$

ト置ク從テ

$$R = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2} \cos \varphi$$

$$L\omega = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2} \sin \varphi$$

是ニヨリテ

$$\int e^{\frac{R}{L}t} \sin \omega t dt = \frac{L}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} e^{\frac{R}{L}t} \sin(\omega t - \varphi) \dots \dots (15)$$

(15) ヲ (11) ニ入レテ

$$i = \frac{E_m}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \sin \left\{ \omega t - \tan^{-1} \frac{L\omega}{R} \right\} + k e^{-\frac{R}{L}t} \dots \dots (16)$$

(16) ハ方程式 (10) ヲ満足スル所ノモノニシテ R ト L トヲ有スル單一回路ニ正弦的電壓ヲ作用セシメタルトキ其ノ回路ニ生スル所ノ電流ヲ表ハスモノナリ、

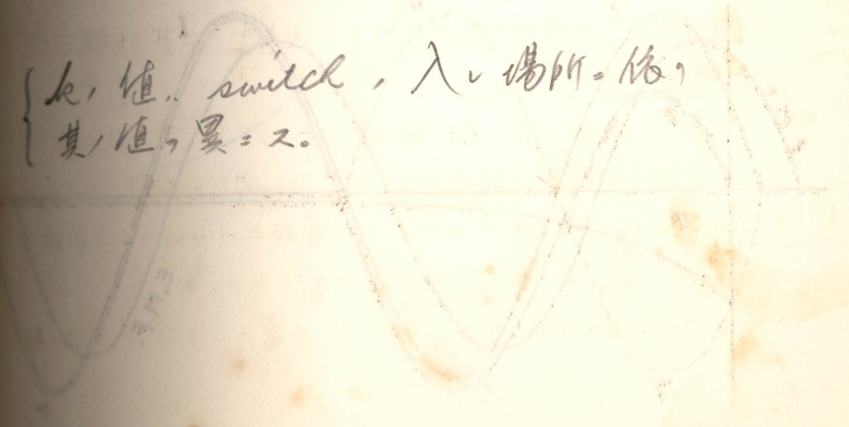
(16) 式ノ右邊第一項ハ正弦的ノモノニシテ其ノ周波數ハ與ヘラレタル電壓ノ周波數ト同一ナリ、第二項ハ對數曲線的ノモノニシテ $t = \infty$ ニ於テ零トナルモノナルモ實際ニハ少時ニシテ消滅スルモノ、即チ第二項ハ過渡電流ヲ表スモノナリ、

次ニ Boundary condition ニヨリテヲ定メントス、 e ガ零ノ値

$$\frac{R}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} = \cos \varphi$$

$$\frac{L\omega}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} = \sin \varphi$$

{ k 値, switch, λ 場所ニ依リ
其値異ニス。



ヨリ將ニ正ノ値ニ増加セントスル時刻ヲ $t=0$ ノ時刻トシ回路ヲ閉ヂタル時刻ヲ t_1 トスレバ

$$t=t_1 \quad i=0$$

故ニ

$$0 = \frac{E_m}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \sin \left\{ \omega t_1 - \tan^{-1} \frac{L\omega}{R} \right\} + k \varepsilon^{-\frac{R}{L} t_1}$$

此ノ式ニ於テ

$$\frac{E_m}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} = I_m$$

從テ

$$\frac{E}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} = I$$

又

$$\omega t_1 - \tan^{-1} \frac{L\omega}{R} = \phi_1$$

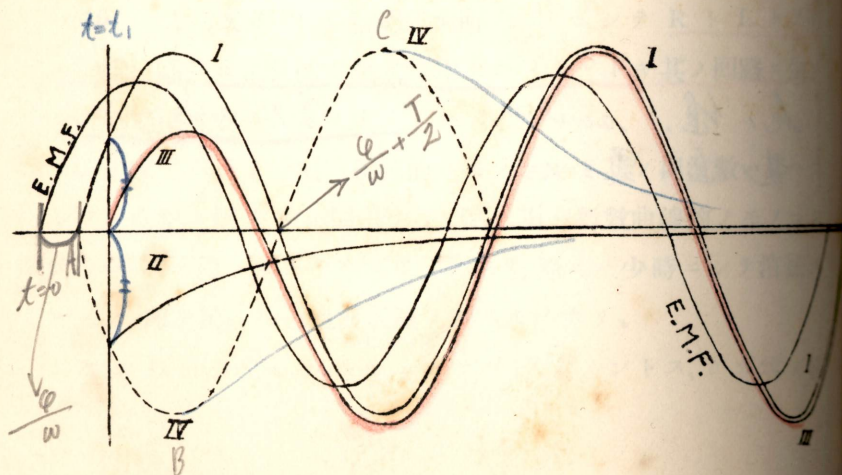
ト置ケバ

$$k = -I_m \varepsilon^{\frac{R}{L} t_1} \sin \phi_1$$

是ニヨリテ (16) ハ次ノ如キモノトナルベシ、

$$i = I_m \sin \left\{ \omega t - \tan^{-1} \frac{L\omega}{R} \right\} - I_m \varepsilon^{-\frac{R}{L} (t-t_1)} \sin \phi_1 \dots \dots (17)$$

第 59 圖



$$Q = E_m \sin \omega t_1$$

第 59 圖ハ (17) 式ノ電流ヲ表スモノナリ、對數曲線ノ部分ノ最大値ハ $I_m \sin \phi_1$ ナリ、曲線 (I) ハ (17) ノ第一項ヲ表シ (II) ハ第二項ヲ表シ (III) ハ是等ノ合成ニヨル電流ヲ表ス、(IV) ハ第二項ノ負號ヲモ考ヘテラレタル對數曲線ノ最大値ノ曲線ナリ、此ノ第二項ノ影響ハ $\sin \phi_1$ 即チ電路ヲ閉ヅル時刻 t_1 ニヨリ大トモナリ又ハ全ク無クナルベシ、(IV) ノ曲線ガ零ヲ通ル時刻ニ開閉器ヲ閉ヅレハ過渡電流無シ其ノ時刻ハ

$$t_1 = \frac{\phi}{\omega} = \frac{\phi}{2\pi} T$$

但シ

$$\phi = \tan^{-1} \frac{L\omega}{R}$$

$\frac{\phi}{\omega}$ ト $\frac{\phi}{\omega} + \frac{T}{2}$ トノ間ニテ開閉器ヲ閉ヅレバ (III) ノ最大値正ノ側ニテハ I_m 即チ

$$\frac{E_m}{\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}}$$

ヨリモ小ニシテ負ノ側ニテハ是ヨリモ大ナリ、如何ナル時刻ニ開閉器ヲ入ルルモ $2I_m$ ヨリハ大トナラズ是ニ由テ R ト L トノ直列回路ニ於テ開閉器ヲ閉ジタル瞬時ニハ、場合ニヨリテハ最大値 I_m ノ約二倍近キ電流ガ瞬間的ニ存在スルコトアルベシ、

過渡電流消滅後ノ電流ハ次ノ如シ、

$$\left. \begin{aligned} i &= \frac{E_m}{\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}} \sin \left\{ \omega t - \tan^{-1} \frac{L\omega}{R} \right\} \\ I &= \frac{E}{\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}} \\ \phi &= \tan^{-1} \frac{L\omega}{R} \end{aligned} \right\} \dots (18)$$

若し A = 於テ switch = 入ル
過渡現象 + i

B or C = 於テ switch = 入ル
過渡現象 最大 + y

即チ純粹ノ正弦波ナリ、

二八、抵抗、「インダクタンス」、容量ヲ有スル直列回路ニ於テ與ヘラレタル電壓ト是ニ由テ生ズル電流、

インダクタンスト抵抗ト誘導抵抗ト蓄電器トガ直列ニアル場合ヲ考フルニ、其ノ場合「エネルギー」ノ方程式ハ

$$ei dt = Ri^2 dt + Li \frac{di}{dt} dt + \frac{1}{C} i dt \int i dt$$

右邊第三項ハ電場ニ貯ヘラル「エネルギー」ノ増加ナリ、是ヨリテ

$$e = Ri + L \frac{di}{dt} + \int \frac{i dt}{C} \dots \dots \dots (1)$$

① 蓄電器ノミノ回路ニ正弦電壓ガ與ヘラルタル場合、此ノ場合

$$\begin{aligned} \frac{\int i dt}{C} &= E_m \sin \omega t \\ i &= C\omega E_m \cos \omega t \\ &= C\omega E_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

過渡現象無シ、

② 抵抗ト蓄電器トノ直列回路ニ正弦電壓ガ與レラレタル場合、此ノ場合ニハ

$$e = Ri + \frac{\int i dt}{C}$$

$$\frac{de}{dt} = R \frac{di}{dt} + \frac{i}{C}$$

$e = E_m \sin \omega t$ トスレバ

$$\frac{di}{dt} + \frac{1}{RC} i = \frac{\omega E_m}{R} \cos \omega t$$

「インダクタンス」ノ場合ト同様ニシテ

$$i = \frac{E_m}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}} \sin(\omega t + \varphi) + k\varepsilon^{-\frac{1}{RC}t}$$

$$= I_m \sin(\omega t + \varphi) + k\varepsilon^{-\frac{1}{RC}t} \dots \dots \dots (3)$$

但シ

$$I_m = \frac{E_m}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

從テ

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

又

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{1}{RC\omega}$$

(3) ノ右邊第二項ハ過渡現象ヲ示スモノナリ、

③° $\frac{L}{R}$ 誘導抵抗ト蓄電器トノ直列回路ニ於テ $e=0$ ノ場合、

(1) 式ハ次ノ兩式ノ形ノモノトナスコトヲ得、

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \frac{i}{LC} = \frac{1}{L} \frac{de}{dt} \dots \dots \dots (4)$$

又ハ

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = \frac{e}{L} \dots \dots \dots (5)$$

而シテ $e=0$ ナル場合 (4) 又ハ (5) ハ同一ノ式トナルベシ、即チ

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \frac{i}{LC} = 0 \dots\dots\dots(6)$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = 0 \dots\dots\dots(7)$$

(6), (7) ヲ解キテ R ト L トノ回路ニ於ケル蓄電器放電ノ i ト
トヲ得ベシ、

(7) ヲ解ントス、此ノ式ニ於テ

$$q = k\varepsilon^{mt}$$

ト置ケバ

$$k\varepsilon^{mt} \left(m^2 + \frac{R}{L}m + \frac{1}{LC} \right) = 0$$

是ニ由テ

$$m^2 + \frac{R}{L}m + \frac{1}{LC} = 0$$

ナラザル可ラズ、此ノ式ヨリ

$$m = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}$$

$$= -\frac{RC \mp \sqrt{R^2C^2 - 4LC}}{2LC}$$

是等 m ノ二ツノ値ヲ $-\frac{1}{T_1}, -\frac{1}{T_2}$ ト置ク、即チ

$$T_1 = \frac{2LC}{RC - \sqrt{R^2C^2 - 4LC}} \dots\dots\dots(8)$$

$$T_2 = \frac{2LC}{RC + \sqrt{R^2C^2 - 4LC}} \dots\dots\dots(9)$$

是ニ由テ (7) ノ解ハ

$$q = k_1' \varepsilon^{-\frac{t}{T_1}} + k_2' \varepsilon^{-\frac{t}{T_2}} \dots\dots\dots(10)$$

$R^2C^2 - 4LC < 0$ 場合

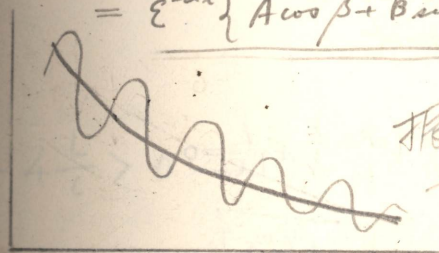
$$m_1 = -\alpha - j\beta \quad \beta = \frac{1}{2L} \sqrt{4L - R^2C}$$

$$m_2 = -\alpha + j\beta$$

$$i = \varepsilon^{-\alpha t} \left\{ k_1'' \varepsilon^{-j\beta t} + k_2'' \varepsilon^{j\beta t} \right\}$$

$$= \varepsilon^{-\alpha t} \left\{ k_1'' (\cos \beta t - j \sin \beta t) + k_2'' (\cos \beta t + j \sin \beta t) \right\}$$

$$= \varepsilon^{-\alpha t} \left\{ A \cos \beta t + B \sin \beta t \right\}$$



振動放電

$R^2C^2 - 4LC > 0$ 場合



$$m_1 = -\alpha - \gamma \quad \text{但、} \alpha = \frac{R}{2L}$$

$$m_2 = -\alpha + \gamma \quad \gamma = \frac{1}{2L} \sqrt{R^2C^2 - 4LC}$$

$$i = k_1'' \varepsilon^{-\alpha t - \gamma t} + k_2'' \varepsilon^{-\alpha t + \gamma t}$$

$$= \varepsilon^{-\alpha t} \left\{ k_1'' \varepsilon^{-\gamma t} + k_2'' \varepsilon^{+\gamma t} \right\}$$

(6) ハ (7) ト全ク同形ナルヲ以テ

$$i = k_1'' \varepsilon^{-\frac{t}{T_1}} + k_2'' \varepsilon^{-\frac{t}{T_2}} \dots \dots \dots (11)$$

$R^2 > \frac{4L}{C}$ ナレバ m ノ二根ハ實根ニシテ非振動放電トナリ $R^2 < \frac{4L}{C}$ ナレバ虚根ニシテ振動放電トナルベシ、

4° 誘導抵抗ト蓄電器トノ直列回路ニ於テ $e = E$ ナル場合 R, L ノ回路ヲ通ジ E ヲ以テ蓄電器ヲ充電スル場合ナリ、

$$\frac{de}{dt} = 0$$

ナルヲ以テ

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \frac{i}{LC} = 0$$

$$i = k_1''' \varepsilon^{-\frac{t}{T_1}} + k_2''' \varepsilon^{-\frac{t}{T_2}} \dots \dots \dots (12)$$

T_1, T_2 ガ實數ナレバ非振動的ニシテ虚數ナレバ振動的ナリ、

5° 誘導抵抗ト蓄電器トノ直列回路ニ正弦電壓ヲ與ヘタル場合、
 $e = E_m \sin \omega t$

ナルトキ

$$Ri + L \frac{di}{dt} + \int idt = E_m \sin \omega t \dots \dots \dots (13)$$

之ヲ微分スレバ

$$R \frac{di}{dt} + L \frac{d^2i}{dt^2} + \frac{i}{C} = \omega E_m \cos \omega t \dots \dots \dots (14)$$

更ニ微分シテ

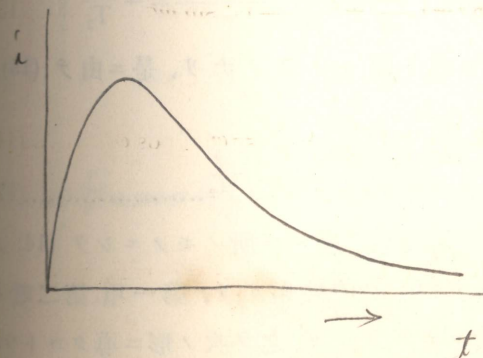
$$R \frac{d^2i}{dt^2} + L \frac{d^3i}{dt^3} + \frac{1}{C} \frac{di}{dt} = -\omega^2 E_m \sin \omega t$$

此ノ式ト (13) 式トニヨリ

$R^2 - 4\frac{L}{C} > 0 \rightarrow T_1, T_2 \dots$ 實根トナリ
振動セズ

$$i = \frac{2E}{\sqrt{R^2 - 4\frac{L}{C}}} \varepsilon^{-\alpha t} \sin \gamma t$$

$$\alpha = \frac{R}{2L}, \quad \gamma = \frac{1}{2L} \sqrt{R^2 - 4\frac{L}{C}}$$



$$L \frac{d^3 i}{dt^3} + R \frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{1}{C} \frac{di}{dt} = -\omega^2 \left(Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt \right)$$

之ヲ更ニ微分シテ

$$LC \frac{d^4 i}{dt^4} + RC \frac{d^3 i}{dt^3} + (1 + LC\omega^2) \frac{d^2 i}{dt^2} + RC\omega^2 \frac{di}{dt} + \omega^2 i = 0 \dots (15)$$

此ノ微分方程式ヲ満足スル i ノ次ノ如キモノトス、

$$i = k_1 \varepsilon^{m_1 t} + k_2 \varepsilon^{m_2 t} + k_3 \varepsilon^{m_3 t} + k_4 \varepsilon^{m_4 t} \dots (16)$$

但シ k_1, k_2, k_3, k_4 、ハ常數ナリ、又 m_1, m_2, m_3, m_4 、ハ (15) =
リテ次ノ方程式ノ根ナラザル可ラズ、

$$LCm^4 + RCm^3 + (1 + LC\omega^2)m^2 + RC\omega^2 m + \omega^2 = 0$$

此ノ四次式ヲ次ノ形トナスコトヲ得、

$$(m^2 + \omega^2)(LCm^2 + RCm + 1) = 0$$

是ニ由テ

$$m_1 = \omega \sqrt{-1} = j\omega$$

$$m_2 = -\omega \sqrt{-1} = -j\omega$$

$$m_3 = -\frac{RC - \sqrt{R^2 C^2 - 4LC}}{2LC} = -\frac{1}{T_1}$$

$$m_4 = -\frac{RC + \sqrt{R^2 C^2 - 4LC}}{2LC} = -\frac{1}{T_2}$$

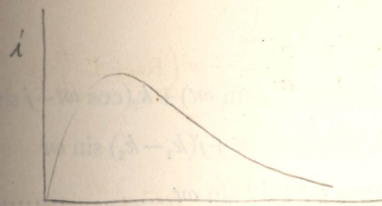
T_1, T_2 、ハ (8) 式 (9) 式ト同一ノモノナリ、是ニ由テ (15) 式ノ
一般解ハ次ノ如クナルベシ、

$$i = k_1 \varepsilon^{j\omega t} + k_2 \varepsilon^{-j\omega t} + k_3 \varepsilon^{-\frac{t}{T_1}} + k_4 \varepsilon^{-\frac{t}{T_2}} \dots (17)$$

第三項、第四項ハ過渡現象ヲ表ハス所ノモノニシテ (14) ノ右側
ヲ零トセルモノ、即チ (6) ノ一般解ナリ、第一項、第二項ノ和ハ
(14) ノ特異解ニ相當スルモノナリ、之ヲ次ノ形ニ導クコトヲ得、

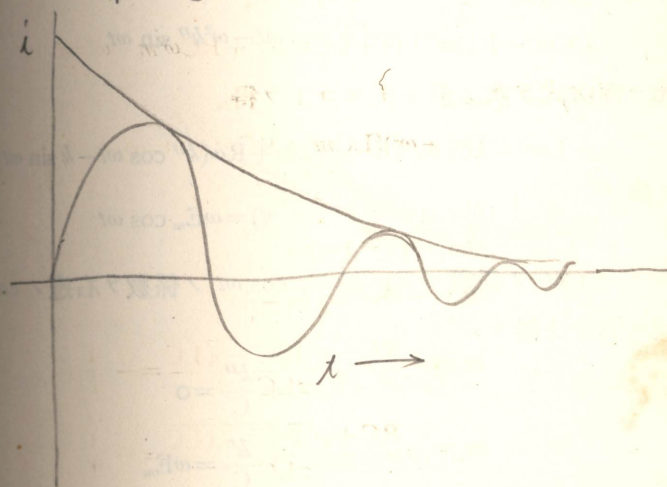
$$R^2 - 4\frac{L}{C} = 0 \quad \frac{1}{T_1} = \frac{1}{T_2} = \alpha = \frac{R}{2L}$$

$$i = \alpha^2 C E \lambda \varepsilon^{-\alpha t}$$



$$R^2 - 4\frac{L}{C} < 0 \quad \beta = \frac{1}{2L} \sqrt{4\frac{L}{C} - R^2}$$

$$i = \frac{2E}{\sqrt{4\frac{L}{C} - R^2}} \varepsilon^{-\alpha t} \sin \beta t$$



$$\omega E_m \cos \omega t = 0$$

$$i = i_0 + i_1$$

$$\begin{aligned} i_g &= k_1 \varepsilon^{j\omega t} + k_2 \varepsilon^{-j\omega t} \\ &= k_1 (\cos \omega t + j \sin \omega t) + k_2 (\cos \omega t - j \sin \omega t) \\ &= (k_1 + k_2) \cos \omega t + j(k_1 - k_2) \sin \omega t \\ &= k' \cos \omega t + k'' \sin \omega t \dots \dots \dots (18) \end{aligned}$$

但シ

$$\begin{aligned} k' &= k_1 + k_2 \\ k'' &= j(k_1 - k_2) \end{aligned}$$

(18) ヨリ

$$\begin{aligned} \frac{di_g}{dt} &= -\omega k' \sin \omega t + \omega k'' \cos \omega t \\ \frac{d^2 i_g}{dt^2} &= -\omega^2 k' \cos \omega t - \omega^2 k'' \sin \omega t \end{aligned}$$

是等ヲ (14) ニ入レテ

$$\begin{aligned} -L\omega^2(k' \cos \omega t + k'' \sin \omega t) + R\omega(k'' \cos \omega t - k' \sin \omega t) \\ + \frac{1}{C}(k' \cos \omega t + k'' \sin \omega t) = \omega E_m \cos \omega t \end{aligned}$$

左邊ノ $\sin \omega t$ ノ係數ヲ零ト置キ、 $\cos \omega t$ ノ係數ヲ右邊ノ $\cos \omega t$ ノ係數ニ等シト置ケバ

$$\begin{aligned} -L\omega^2 k'' - R\omega k' + \frac{k''}{C} &= 0 \\ -L\omega^2 k' - R\omega k'' + \frac{k'}{C} &= \omega E_m \end{aligned}$$

是等ノ式ニヨリテ

$$\begin{aligned} k' &= \frac{\left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right) E_m}{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right)^2} \\ k'' &= \frac{R E_m}{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right)^2} \end{aligned}$$

(14) general solution $\rightarrow i_1$
particular solutions $\rightarrow i_0$

是ニ由テ (18) ハ次ノ式トナルベシ、

$$i = \frac{E_m}{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right)^2} \left[\left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right) \cos \omega t + R \sin \omega t \right]$$

若シモ

$$L\omega > \frac{1}{C\omega}$$

トスレバ

$$\left. \begin{aligned} i &= \frac{E_m}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}} \sin(\omega t - \varphi) \\ &= I_m \sin(\omega t - \varphi) \\ I &= \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}} \\ \varphi &= \tan^{-1} \frac{L\omega - \left(\frac{1}{C\omega}\right)}{R} \end{aligned} \right\} \dots(19)$$

(19) ハ (14) ノ特異解ナリ、之ニ (14) ノ右邊ヲ零トセルモノノ一般解ヲ加ヘテ得ル所ノ (14) ノ一般解 (17) ハ次ノ形ノモノトナルベシ、

$$i = I_m \sin(\omega t - \varphi) + k_3 \varepsilon^{-\frac{t}{T_1}} + k_4 \varepsilon^{-\frac{t}{T_2}} \dots \dots \dots (20)$$

過渡現象消滅後殘ル所ノモノハ右邊ノ第一項、即チ (19) 式ノモノニシテ純粹ノ正弦波のモノナリ、

調波

二九、交流ニ於ケル高周波、 Higher harmonics

$-\pi$ ト $+\pi$ トノ區域ニ於テ任意ノ單值連續周期函數 $f(\xi)$ ハ「フーリエ」ノ級數ニテ表ハスコトヲ得、各項ハ調和函數ニシテ

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

$$\sin \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{\sqrt{\quad \quad \quad}}$$

$$i = \frac{ZE_m}{Z^2} \left\{ \frac{\frac{1}{C\omega} - L\omega}{Z} \cos \omega t + \frac{R}{Z} \sin \omega t \right\}$$

$$= \frac{E_m}{Z} \left\{ -\sin \varphi \cos \omega t + \cos \varphi \sin \omega t \right\}$$

$$= \frac{E_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi)$$

$$i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$$

(定根の場合)

$$i = I_m \left\{ \sin(\omega t - \varphi) - \frac{2\sqrt{\frac{L}{C}}}{\sqrt{R^2 + 4\frac{L}{C}}} \varepsilon^{-\alpha t} \sin \varphi \sinh(\alpha t - \theta) \right.$$

$$\left. - \frac{2\frac{1}{C\omega}}{\sqrt{R^2 + 4\frac{L}{C}}} \varepsilon^{-\alpha t} \cos \varphi \sinh \alpha t \right\}$$

$$\sinh \theta = \frac{\gamma}{\sqrt{\alpha^2 - \gamma^2}} \quad \cosh \theta = \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 - \gamma^2}}$$

1 連続
2 one value
交流電気工学

其ノ周波數ハ與ヘラレタル周期函数ノ周波數、又ハ其ノ或倍数ノモノナリ、其ノ中與ヘラレタル周期函数ノ周波數ノモノヲ基本周波又ハ第一周波ト云ヒ、二倍ノ周波數ノモノヲ第二周波、三倍ノ周波數ノモノヲ第三周波等ト云フ、「フーリエ」ノ定理ニヨリテ

$$f(\xi) = A_1 \cos \xi + B_1 \sin \xi + A_2 \cos 2\xi + B_2 \sin 2\xi + \dots + A_n \cos n\xi + B_n \sin n\xi + \dots \quad (1)$$

$$A_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} f(\xi) \cos(n\xi) d\xi \quad (2)$$

$$B_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} f(\xi) \sin(n\xi) d\xi \quad (3)$$

又 A_n, B_n ノ次ノ形トナスコトヲ得、 $\xi = -\eta$ ト置ケバ

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(\xi) \cos(n\xi) d\xi = \int_{+\pi}^0 f(-\eta) \cos(-n\eta) d(-\eta) = - \int_{\pi}^0 f(-\eta) \cos(n\eta) d\eta = \int_0^{\pi} f(-\eta) \cos(n\eta) d\eta$$

變數文字 η ヲ $\xi =$ 變ジテモ差支ヘ無キヲ以テ上式ハ

$$\int_0^{\pi} f(-\xi) \cos(n\xi) d\xi$$

故ニ

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} f(\xi) \cos(n\xi) d\xi \\ &= \frac{1}{\pi} \left\{ \int_{-\pi}^0 f(\xi) \cos(n\xi) d\xi + \int_0^{\pi} f(\xi) \cos(n\xi) d\xi \right\} \\ &= \frac{1}{\pi} \left\{ \int_0^{\pi} f(\xi) \cos(n\xi) d\xi + \int_0^{\pi} f(-\xi) \cos(n\xi) d\xi \right\} \end{aligned}$$

故ニ

$$A_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} [f(\xi) + f(-\xi)] \cos(n\xi) d\xi \quad (4)$$

同様ニ

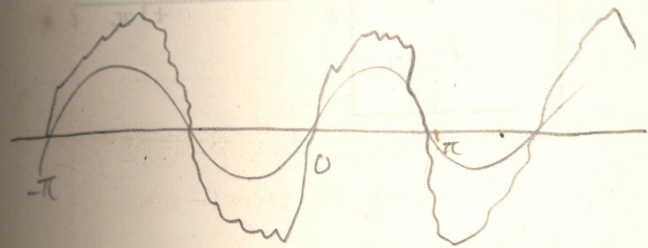
共振、場合]

$$i = I_m \left\{ \sin(\omega t - \varphi) + (1 - \alpha L) e^{-\alpha t} \sin \varphi - \alpha L \frac{\omega}{\omega} e^{-\alpha t} \cos \varphi \right\}$$

差起、場合]

$$i = I_m \left\{ \sin(\omega t - \varphi) - \frac{2\sqrt{\frac{L}{C}}}{\sqrt{4\frac{L}{C} - R^2}} e^{-\alpha t} \sin \varphi \sin(\beta t - \theta) - \frac{2\omega C}{\sqrt{4\frac{L}{C} - R^2}} e^{-\alpha t} \cos \varphi \sin \beta t \right\}$$

高調波



共同以下、捨テル

$$f(\xi) \cos(n\xi) = A_1 \cos \xi \cos n\xi + B_1 \sin \xi \sin n\xi + A_2 \cos 2\xi \cos n\xi + B_2 \sin 2\xi \sin n\xi + \dots$$

之ヲ $+\pi$ 及 $-\pi$ 迄 積分ス

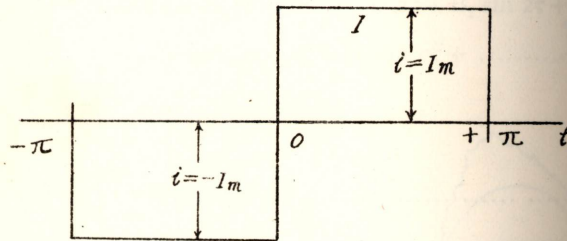
$$\int_{-\pi}^{\pi} f(\xi) \cos(n\xi) d\xi = A_n \int_{-\pi}^{\pi} \cos^2 n\xi d\xi$$

$$A_n = \frac{\int_{-\pi}^{\pi} f(\xi) \cos(n\xi) d\xi}{\int_{-\pi}^{\pi} \cos^2 n\xi d\xi}$$

$$B_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} [f(\xi) - f(-\xi)] \sin(n\xi) d\xi \dots \dots \dots (5)$$

例一、 $i=f(\omega t)$ が矩形波ナル場合、第 60 圖ヲ参照セヨ、

第 60 圖



$$\begin{aligned} A_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i \cos(n\omega t) d(\omega t) \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} [I_m + (-I_m)] \cos(n\omega t) d(\omega t) \\ &= 0 \end{aligned}$$

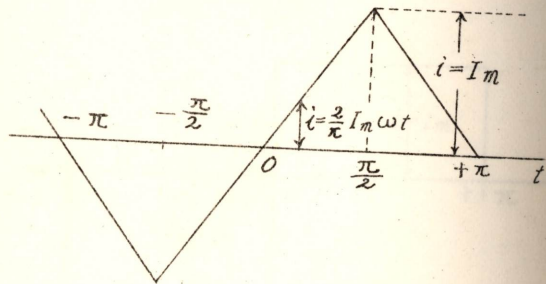
$$\begin{aligned} B_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i \sin(n\omega t) d(\omega t) \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} [I_m - (-I_m)] \sin(n\omega t) d(\omega t) \\ &= \begin{cases} 0 & n \text{ 偶數} \\ \frac{4I_m}{n\pi} & n \text{ 奇數} \end{cases} \end{aligned}$$

故 =

$$i = \frac{4I_m}{\pi} \left[\frac{\sin \omega t}{1} + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \frac{\sin 5\omega t}{5} + \dots \dots \dots \right. \\ \left. \dots \dots + \frac{\sin n\omega t}{n} + \dots \dots \right]$$

例二、 $i=f(\omega t)$ が三角形波ナル場合、第 61 圖ヲ参照セヨ、

第 61 圖



$$0 < \omega t < \frac{\pi}{2},$$

$$i = \frac{2}{\pi} I_m \omega t$$

$$-\frac{\pi}{2} < \omega t < 0,$$

$$i = + \frac{2}{\pi} I_m \omega t$$

$$\frac{\pi}{2} < \omega t < \pi,$$

$$i = \frac{2}{\pi} I_m (\pi - \omega t)$$

$$-\pi < \omega t < -\frac{\pi}{2},$$

$$i = \frac{2}{\pi} I_m (\pi + \omega t)$$

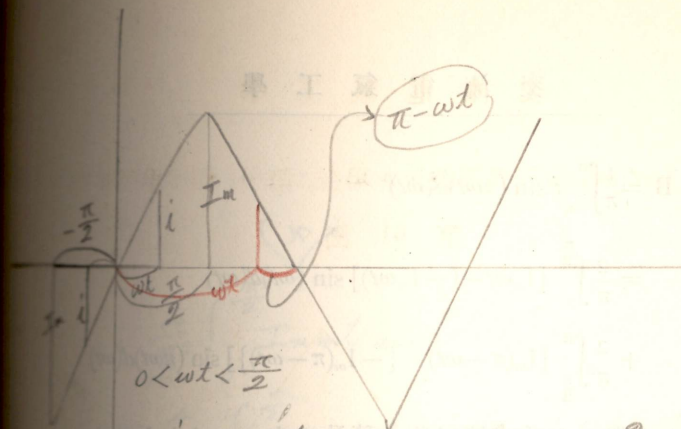
故 =

$$A_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i \cos(n\omega t) d(\omega t)$$

$$= \left\{ \int_0^{\frac{\pi}{2}} [I_m \omega t + (-I_m \omega t)] \cos(n\omega t) d(\omega t) \right. \\ \left. + \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} [I_m(\pi - \omega t) + \{-I_m(\pi - \omega t)\}] \cos(n\omega t) d(\omega t) \right\}$$

$$= 0$$

次 =



$$0 < \omega t < \frac{\pi}{2}$$

$$\frac{i}{I_m} = \frac{\omega t}{\frac{\pi}{2}} = \frac{2}{\pi} \omega t \therefore i = \frac{2}{\pi} I_m \omega t$$

$$\frac{\pi}{2} < \omega t < \pi \quad \text{--- } \omega t < 0 \rightarrow i = \frac{2}{\pi} I_m (\pi - \omega t)$$

$$\frac{i}{I_m} = - \frac{\pi + \omega t}{\frac{\pi}{2}}$$

$$i = - \frac{2}{\pi} I_m (\pi + \omega t)$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} = 2 \int_0^{\pi}$$

$$\tau > 0 \rightarrow i = - \frac{2}{\pi} I_m (\pi - \omega t)$$

$$B_n = \frac{I}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i \sin(n\omega t) d(\omega t)$$

$$= \frac{2}{\pi^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} [I_m \omega t - (-I_m \omega t)] \sin(\omega t) d(\omega t)$$

$$+ \frac{2}{\pi^2} \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} [I_m(\pi - \omega t) - \{-I_m(\pi - \omega t)\}] \sin(n\omega t) d(\omega t)$$

$\omega t' = \pi - \omega t$ と置ケバ前式第二項ノ積分ハ次ノモノトナルベシ、

$$+ \frac{2}{\pi^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} (I_m \omega t' + I_m \omega t') \sin(n\pi - n\omega t') d(\omega t')$$

而シテ

$$\sin(n\pi - n\omega t') = -\sin(n\omega t') \quad n \text{ 偶數}$$

$$\sin(n\pi - n\omega t') = +\sin(n\omega t') \quad n \text{ 奇數}$$

故ニ

$$B_n = \frac{8I_m}{\pi^2 n} \left[-\omega t \cos(n\omega t) + \frac{\sin(n\omega t)}{n} \right]_0^{\frac{\pi}{2}}$$

$$\left(\frac{8I_m}{\pi^2} \frac{\sin \frac{n\pi}{2}}{n^2} \right)$$

即チ

$$B_1 = \frac{8I_m}{\pi^2}; \quad B_3 = -\frac{8I_m}{\pi^2} \frac{1}{9}; \quad B_5 = \frac{8I_m}{\pi^2} \frac{1}{25}$$

$$B_7 = -\frac{8I_m}{\pi^2} \frac{1}{49}; \quad \dots\dots\dots$$

故ニ

$$i = \frac{8I_m}{\pi^2} \left\{ \frac{\sin \omega t}{1} - \frac{\sin 3\omega t}{9} + \frac{\sin 5\omega t}{25} - \frac{\sin 7\omega t}{49} + \dots\dots \right\}$$

$f(\omega t)$ が横軸ニツキテ對稱(負ノ側ノ曲線部分ヲ正ノ側へ横軸ヲ軸トシテ廻セバ正側ノ曲線ト同形トナルコト、第 62 圖ヲ参照セ

$$\frac{4}{\pi^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} I_m \omega t \sin(n\omega t) d(\omega t)$$

$$+ \frac{4}{\pi^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} I_m \omega t' \sin(n\omega t') d(\omega t')$$

偶 $\rightarrow -$
奇 $\rightarrow +$

即チ、同波ハ偶數、term $\dots + \dots + \dots$

$$= \frac{8}{\pi^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} I_m \omega t \sin(n\omega t) d(\omega t)$$

但ニ、奇數

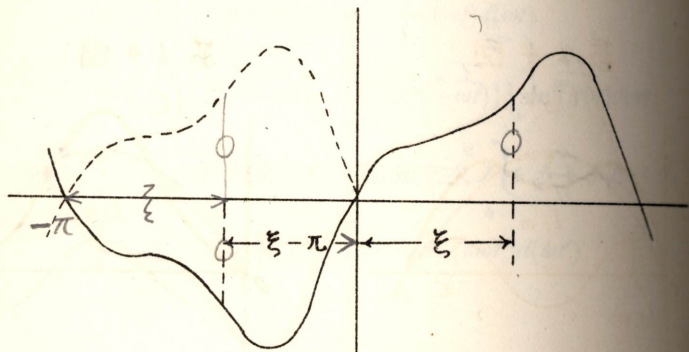
① 偶數、高同波ハ $\dots + \dots + \dots$

$$f(\xi) - 124 \dots = -f(\xi - \pi)$$

$$A_n = B_n = 0 \quad (n = 2m)$$

ヨ) ナル場合ニハ 偶數高周波ノ存在セズ、(4)式ヲ再記スル

第 62 圖



$$A_n = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi [f(\xi) + f(-\xi)] \cos(n\xi) d\xi$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_0^\pi f(\xi) \cos(n\xi) d\xi + \frac{1}{\pi} \int_0^\pi f(-\xi) \cos(n\xi) d\xi$$

第二項ヲ次ノ形トナスコトヲ得、 $\xi = \pi - \eta$ ト置ケバ

$$\frac{1}{\pi} \int_0^\pi f(-\xi) \cos(n\xi) d\xi = \frac{1}{\pi} \int_\pi^0 f(\eta - \pi) \cos n(\pi - \eta) d(\pi - \eta)$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_\pi^0 f(\eta - \pi) \cos(n\pi) \cos(n\eta) d(-\eta)$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_0^\pi f(\eta - \pi) \cos(n\pi) \cos(n\eta) d\eta$$

變數文字 η ヲ ξ ニ換ヘテ

$$\frac{1}{\pi} \int_0^\pi f(\xi - \pi) \cos(n\pi) \cos(n\xi) d\xi$$

故ニ

$$A_n = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi [f(\xi) + f(\xi - \pi)] \cos(n\pi) \cos(n\xi) d\xi$$

同様ニシテ

$$-f(\xi)$$

$$\begin{cases} n \text{ 偶數} & A_n = 0 \\ n \text{ 奇數} & A_n \neq 0 \end{cases}$$

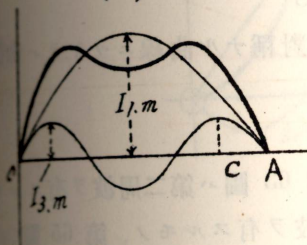
$$f(\xi) = -f(\xi - \pi)$$

$$\xi = \pi - \eta$$

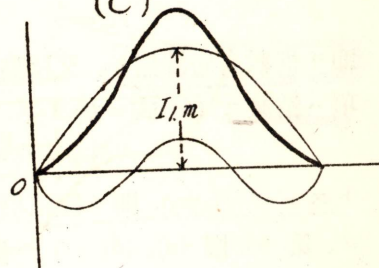
$$d\xi = -d\eta$$

$$\begin{cases} \xi = 0 \rightarrow \eta = \pi \\ \xi = \pi \rightarrow \eta = 0 \end{cases}$$

第 64 圖 (b)

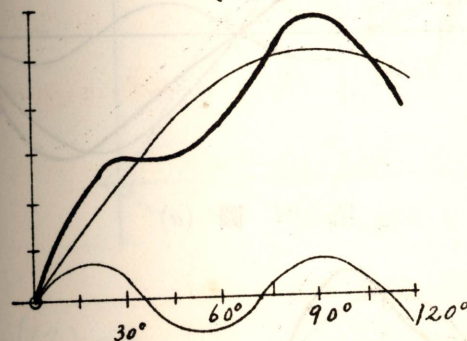


第 64 圖 (c)



$$\cos n(\pi - \eta) = \cos n\pi \cos n\eta - \sin n\pi \sin n\eta$$

第 65 圖 (a)



$$B_n = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi [f(\xi) + f(\xi - \pi) \cos(n\pi)] \sin(n\xi) d\xi$$

而シテ前述ノ對稱ノ意味ヨリシテ

$$f(\xi) = -f(\xi - \pi)$$

n ガ偶數ナレバ $\cos n\pi = +1$ ナルヲ以テ

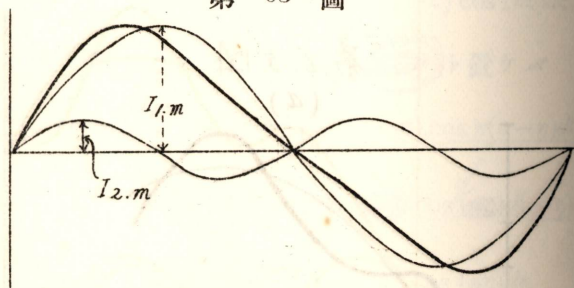
$$A_n = 0 \quad B_n = 0$$

即チ偶數高周波無シ、又原點ニ對シ對稱ナル曲線ニツキテハ項ハ消滅ス (4) 式ニ於テ

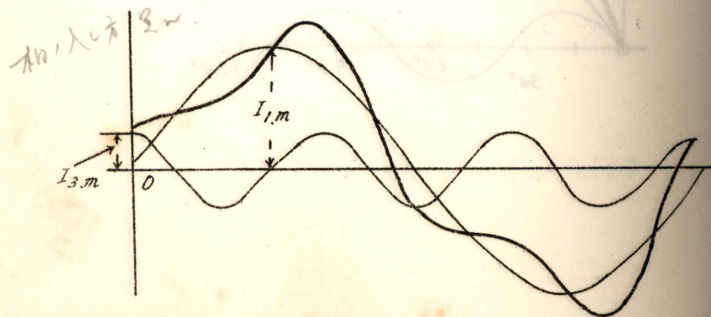
$$f(\xi) = -f(-\xi)$$

トスレバ $A_n = 0$ 。即チ餘弦項無シ第 63 圖ハ第二周波ヲ有スルモノ、第 64 圖 (a)、(b)、(c) ハ第三周波ヲ有スルモノ、第 65 圖 (a)、(b) ハ第五周波ヲ有スルモノ、第 66 圖ハ第五周波ト第七周波ヲ有スルモノヲ示セルモノナリ、

第 63 圖

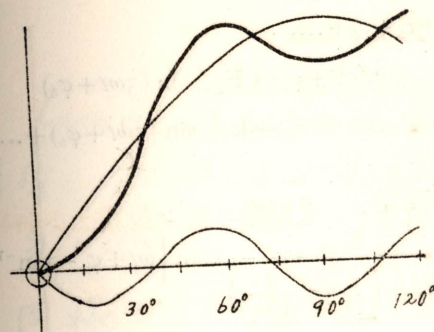


第 64 圖 (a)

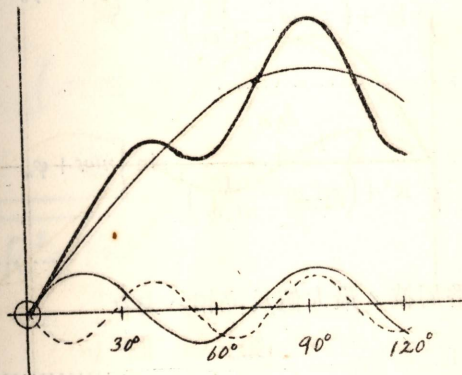


第 65 圖

(b)



第 66 圖



$$f(\xi) = -f(-\xi) \rightarrow A_n = 0$$

$$f(\xi) = +f(-\xi) \rightarrow B_n = \dots$$

$A_2, B_2 \rightarrow A_1, B_1$ 等 π^2 倍トナル
有効 +1

三〇、高周波電壓ト電流トノ關係、

$$\begin{aligned}
 e &= e_1 + e_3 + e_5 + \dots \\
 &= E_{1,m} \sin(\omega t + \varphi_1) + E_{3,m} \sin(3\omega t + \varphi_3) \\
 &\quad + E_{5,m} \sin(5\omega t + \varphi_5) + \dots \dots \dots (1) \\
 i &= i_1 + i_3 + i_5 + \dots \\
 &= \frac{E_{1,m}}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}} \sin\left\{\omega t + \varphi_1 - \tan^{-1}\left(\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}\right)\right\} \\
 &\quad + \frac{E_{3,m}}{\sqrt{R^2 + \left(3L\omega - \frac{1}{3C\omega}\right)^2}} \sin\left\{3\omega t + \varphi_3 - \tan^{-1}\left(\frac{3L\omega - \frac{1}{3C\omega}}{R}\right)\right\} \\
 &\quad + \frac{E_{5,m}}{\sqrt{R^2 + \left(5L\omega - \frac{1}{5C\omega}\right)^2}} \sin\left\{5\omega t + \varphi_5 - \tan^{-1}\left(\frac{5L\omega - \frac{1}{5C\omega}}{R}\right)\right\} \\
 &\quad + \dots \dots \dots \\
 &\quad + \frac{E_{n,m}}{\sqrt{R^2 + \left(nL\omega - \frac{1}{nC\omega}\right)^2}} \sin\left\{n\omega t + \varphi_n - \tan^{-1}\left(\frac{nL\omega - \frac{1}{nC\omega}}{R}\right)\right\} \\
 &\quad \dots \dots \dots (2)
 \end{aligned}$$

第 n 番周波ノ最大値及位相ハ夫々

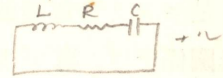
$$I_{n,m} = \frac{E_{n,m}}{\sqrt{R^2 + \left(nL\omega - \frac{1}{nC\omega}\right)^2}} \dots \dots \dots (3)$$

$$\phi_n = \tan^{-1} \frac{nL\omega - \frac{1}{nC\omega}}{R} \dots \dots \dots (4)$$

$$nL\omega \approx \frac{1}{nC\omega}$$

高次函数 / 2

大々、於て $\text{free} = \text{於て} L_1$, 影響、 ω 4
 L_1, L_2 , 影響、 ω 4 + 1 但、
 回路、影響、 ω 4
 L_1, L_2 元又同標 + 4.



最大値 (n番目)

$$I = \frac{E_{n,m}}{\sqrt{R^2 + \left(nL\omega - \frac{1}{nC\omega}\right)^2}}$$

即チ

$$n \cong \frac{I}{\omega \sqrt{LC}}$$

ニ從ヒテ ϕ_n ハ正、零、又ハ負ナリ、

是ニヨリテ電壓波ノ各周波ハ夫々ノ電流ヲ生ジ是等電流ハ互ニ無關係ナリ、第 n 周波ノ「イムピーダンス」、「リアクタンス」ハ夫々

$$Z_n = \frac{E_{n,m}}{I_{n,m}} = \sqrt{R^2 + \left(nL\omega - \frac{1}{nC\omega}\right)^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$X_n = nL\omega - \frac{1}{nC\omega} \dots\dots\dots (6)$$

共振ハ基本波ニツキテ起ラズトモ高周波ニ於テ起リ得ルコトニ留意スベシ、然レドモ ϕ_n, Z_n, X_n ハ n ニ關係スルヲ以テ共振ハ或周波ト同時ニ他ノ周波ニハ起ラズ、

各周波ニツキ電壓ト電流トノ關係ハ大サ竝位相ニツキ異ナルヲ以テ電壓波形ト電流波形トハ異ナレリ、抵抗ノミノ回路ニ於テハ

$$I_{n,m} = \frac{E_{n,m}}{R}$$

$$\phi_n = 0$$

ナルヲ以テ、電壓波形ト電流波形トハ同形ニシテ同一ノ位相ニシテ $c=Ri$ ナリ、 R ト L トノ回路ニ於テハ

$$I_{n,m} = \frac{E_{n,m}}{\sqrt{R^2 + (nL\omega)^2}}$$

$$\phi_n = \tan^{-1} \frac{nL\omega}{R}$$

是ニヨリテ n ガ大トナレバ $I_{n,m}/E_{n,m}$ ハ愈小トナリ、 ϕ_n ハ愈大ナルベシ、 R ト C トノ回路ニ於テハ

l_3 の lead current + $n \times l_5 \dots$ 15 \times l_5 の lead current
= 772. lack current + $n \times$ 未知 l_5 コレ n 値、 l_5 係 = 15 \times 定 n . l_5 の lead current + $n \dots$
 $l_3 \dots$ 44 \rightarrow 0 = lead current + n .

$$n = 2M + 1$$

高調波ハ共振の場合 = 高調波...
同時、共振スル。去来 + n .

$$\text{一般} = \frac{l_1}{l_1} \neq \frac{l_2}{l_2} \neq \frac{l_3}{l_3}$$

電流波ト電圧波トハ異ニ

シテ抵抗、回路ニ於テハ l ト i ト波ノ形、相似ナル。

$$C \rightarrow \infty \dots C \rightarrow \infty 1 + n \dots$$

$$I_{n,m} = \frac{E_{n,m}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{nC\omega}\right)^2}}$$

$$\phi_n = \tan^{-1} \frac{-1}{nC\omega R}$$

n が大トナレバ $I_{n,m}/E_{n,m}$ ハ愈大トナリ、 ϕ_n ハ愈小トナルベシ、

三一、高周波電壓及電流ノ實効値、

$$e = e_1 + e_3 + e_5 + \dots$$

$$= E_{1,m} \sin(\omega t + \varphi_1) + E_{3,m} \sin(3\omega t + \varphi_3) + E_{5,m} \sin(5\omega t + \varphi_5) + \dots$$

e ノ實効値ヲ E トスレバ

$$\begin{aligned} E^2 &= \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \{E_{1,m} \sin(\omega t + \varphi_1) + E_{3,m} \sin(3\omega t + \varphi_3) + E_{5,m} \sin(5\omega t + \varphi_5) + \dots\}^2 d(\omega t) \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \{E_{1,m}^2 \sin^2(\omega t + \varphi_1) + E_{3,m}^2 \sin^2(3\omega t + \varphi_3) + E_{5,m}^2 \sin^2(5\omega t + \varphi_5) + \dots \\ &\quad + 2E_{1,m} E_{3,m} \sin(\omega t + \varphi_1) \sin(3\omega t + \varphi_3) + 2E_{1,m} E_{5,m} \sin(\omega t + \varphi_1) \sin(5\omega t + \varphi_5) + \dots\} d(\omega t) \end{aligned}$$

然ルニ

$$\int_0^\pi \sin^2(n\omega t + \varphi_n) d(\omega t) = \frac{\pi}{2}$$

而シテ

$$\int_0^\pi \sin(\omega t + \varphi_1) \sin(n\omega t + \varphi_2) d(\omega t) = 0 \text{ 等}$$

故ニ

$$E^2 = \frac{1}{\pi} \left\{ E_{1,m}^2 \times \frac{\pi}{2} + E_{3,m}^2 \times \frac{\pi}{2} + E_{5,m}^2 \times \frac{\pi}{2} + \dots \right\}$$

$$E = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi e^2 d\theta} \text{ (average value, lead)}$$

$$E^2 = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi e^2 d\theta \text{ (lead } \theta = \omega t)$$

$$= \frac{I}{2} \{ E_{1,m}^2 + E_{3,m}^2 + E_{5,m}^2 + \dots \}$$

故 =

$$E = \frac{I}{\sqrt{2}} \{ E_{1,m}^2 + E_{3,m}^2 + E_{5,m}^2 + \dots \}^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{I}{\sqrt{2}} \{ 2E_1^2 + 2E_3^2 + 2E_5^2 + \dots \}^{\frac{1}{2}}$$

故 =

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_3^2 + E_5^2 + \dots} \quad \dots \dots \dots (1)$$

電流ニツキテモ同様ニ

$$I = \frac{I}{\sqrt{2}} \{ I_{1,m}^2 + I_{3,m}^2 + I_{5,m}^2 + \dots \}^{\frac{1}{2}}$$

$$= \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + \dots} \quad \dots \dots \dots (2)$$

三二、高周波電壓, 電流ニヨル電力、

$$e = E_{1,m} \sin(\omega t + a_1) + E_{3,m} \sin(3\omega t + a_3) + E_{5,m} \sin(5\omega t + a_5) + \dots$$

$$i = I_{1,m} \sin(\omega t + a_1 - \varphi_1) + I_{3,m} \sin(3\omega t + a_3 - \varphi_3) + I_{5,m} \sin(5\omega t + a_5 - \varphi_5) + \dots$$

$$w = ei = E_{1,m} I_{1,m} \sin(\omega t + a_1) \sin(\omega t + a_1 - \varphi_1) + E_{3,m} I_{3,m} \sin(3\omega t + a_3) \sin(3\omega t + a_3 - \varphi_3) + \dots + E_{1,m} I_{3,m} \sin(\omega t + a_1) \sin(3\omega t + a_3 - \varphi_3) + \dots + E_{3,m} I_{1,m} \sin(3\omega t + a_3) \sin(\omega t + a_1 - \varphi_1) + \dots$$

平均出力ヲ W トスレバ

$$W = \frac{I}{\pi} \int_0^\pi e i d(\omega t)$$

$$= \frac{I}{\pi} \int_0^\pi \{ E_{1,m} I_{1,m} \sin(\omega t + a_1) \sin(\omega t + a_1 - \varphi_1) \dots \}$$

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

$$E = \sqrt{\sum \frac{E_n^2}{2}} = \sqrt{\sum \left(\frac{E_{nm}}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{\sum E_n^2} = \sqrt{E_1^2 + E_3^2 + E_5^2 + \dots}$$

$$w = ei \quad (\text{瞬間 power})$$

$$\int_0^\pi \sin(\gamma \omega t + \alpha_p) \sin(\gamma \omega t + \alpha_r - \varphi_r) d(\omega t) = 0$$

$$\int_0^\pi \sin(p \omega t + \alpha_p) \sin(p \omega t + \alpha_p - \varphi_p) d(\omega t) \dots$$

或値, 存ス

$$\begin{aligned}
 &+ E_{3\cdot m} I_{3\cdot m} \sin(3\omega t + a_3) \sin(3\omega t + a_3 - \varphi_3) + \dots \\
 &+ E_{1\cdot m} I_{3\cdot m} \sin(\omega t + a_1) \sin(3\omega t + a_3 - \varphi_3) + \dots \\
 &+ E_{3\cdot m} I_{1\cdot m} \sin(3\omega t + a_3) \sin(\omega t + a_1 - \varphi_1) + \dots \} d(\omega t)
 \end{aligned}$$

然ルニ周波數ノ異ナル電壓電流ノ乘積ニ關スル前式中ノ各項ノ積分ハ零トナリ、同一周波數ノ電壓電力ノ乘積ニ關スル積分

$$\frac{1}{2} \pi E_m I_m \cos \varphi$$

トナルヲ以テ

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{\pi} \left(\frac{\pi}{2} E_{1\cdot m} I_{1\cdot m} \cos \varphi_1 + \frac{\pi}{2} E_{3\cdot m} I_{3\cdot m} \cos \varphi_3 + \frac{\pi}{2} E_{5\cdot m} I_{5\cdot m} \right. \\
 &\quad \left. \cos \varphi_5 + \dots \right) \\
 &= \frac{1}{2} (E_{1\cdot m} I_{1\cdot m} \cos \varphi_1 + E_{3\cdot m} I_{3\cdot m} \cos \varphi_3 + E_{5\cdot m} I_{5\cdot m} \\
 &\quad \cos \varphi_5 + \dots)
 \end{aligned}$$

故ニ

$$W = E_1 I_1 \cos \varphi_1 + E_3 I_3 \cos \varphi_3 + E_5 I_5 \cos \varphi_5 + \dots \dots \dots (1)$$

電力ニ關シテ周波ハ互ニ無關係ナリ、電流ノ或周波ハコレニ當スル同一周波ノ周波電壓以外ノ他ノ周波電壓ニ對シ電力ニ關スル効果ヲ有セズ、換言スレバ任意ノ周波ノ電流ハ他ノ周波ノ電壓ニ對シ Wattless ナリト云フコトヲ得、

三三、等價正弦波、

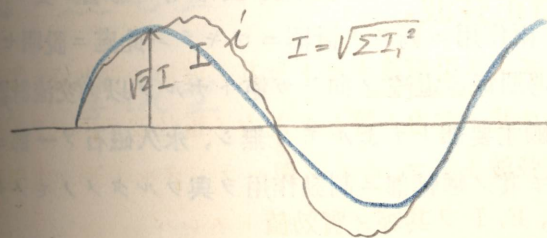
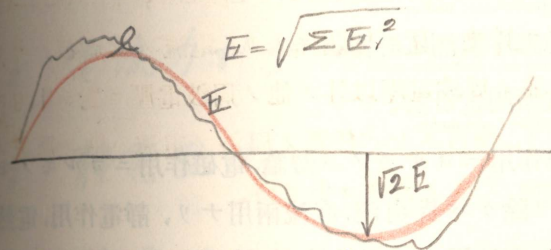
正弦波ナラズシテ歪形波ナルトキ其ノ波形ノ實効値ト等シキ實効値ヲ有シ且ツ其ノ電力ト等シキ電力ノ正弦波ヲ與ヘラレタル歪形波ノ等價正弦波ト云フ、 e, i ヲ與ヘラレタル歪形ノ電壓及電流ノ瞬時値トシ、 E, I ヲ其等ノ實効値トスレバ

$$\begin{aligned}
 &\int_0^\pi \sin(p\omega t + \alpha_p) \sin(r\omega t + \alpha_r - \varphi_r) d(\omega t) \\
 &= \frac{1}{2} \int_0^\pi \left[\cos\{(p-r)\omega t + (\alpha_p - \alpha_r) + \varphi_r\} - \cos\{(p+r)\omega t + \alpha_p \right. \\
 &\quad \left. + \alpha_r - \varphi_r\} \right] d(\omega t) = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p+r &= 2m+1 + 2m'+1 = 2(m+m'+1) \text{ 偶數} \\
 p-r &= 2m+1 - 2m'-1 = 2(m-m') \text{ 偶數}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\int_0^\pi \sin(p\omega t + \alpha_p) \sin(r\omega t + \alpha_r - \varphi_r) d\omega t \\
 &= \frac{1}{2} \pi \cos \varphi_r
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{\pi} \sum \frac{\pi}{2} E_{nm} I_{nm} \cos \varphi_n \\
 &= \sum \frac{E_n E_n}{\sqrt{2}} \frac{I_n}{\sqrt{2}} \cos \varphi_n \\
 &= \sum E_n I_n \cos \varphi_n
 \end{aligned}$$



位相差 φ

$$E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2 dt}$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

此ノ E 及 I ハ等價正弦波ノ電壓及電流ノ實効値ナリ、歪形波ヨリテ傳ヘラレタル電力ヲ W トシ力率ヲ $\cos \varphi$ トスレバ

$$W = EI \cos \varphi$$

此ノ φ ハ等價正弦波ノ電壓ト電流トノ相差ヲ表ハス、

三四、交流用測定計器、

交流電氣工業上ノ測定計器トシテ日常使用スル所ノ電流計、電壓計、電力計、積算電力計、力率計ノ作働原理ヲ次ノ三作用ニ分ツコトヲ得、即チ靜電作用、電熱作用、電磁作用是ナリ、電磁作用ニヨル測定計器ヲ更ニ次ノ三型式ニ分ツコトヲ得、即チ

(I) 電流力計型測定計器、

Electrodynamical instruments

(II) 可動鐵片型測定計器、

Moving-iron instruments

(III) 誘導型測定計器、

Induction instruments

靜電作用、電熱作用ニヨルモノハ勿論、電磁作用ニヨルモノモ其ノ誘導型ノモノヲ除ケバ皆交流、直流兩用ナリ、靜電作用、電熱作用ニ屬スルモノハ交流用トシテ周波數、波形等ノ影響ヲ受ケザルモノナルガ、此ノ兩作用ニ屬スル計器ニツキテハ此處ニ説明セズ、交流ニ於テハ半週期毎ニ電流ノ向キガ逆トナルヲ以テ交流計器ニハ永久磁石ヲ作働主要部トナセルモノ無シ、永久磁石ヲ一部ニ使用スルコトアルモノ其ノ廻轉部ニ制動作用ヲ與フルタメノモノナリ、

$$\cos \varphi = \frac{\sum E_n I_n \cos \varphi_n}{E I}$$

$$E I \cos \varphi = \sum E_n I_n \cos \varphi_n$$

E I I ... 計器 = 係ノホク

又 $\sum E_n I_n \cos \varphi_n$... watt meter = 係ノホク

∴ $\cos \varphi$ 値ヲ求メ得

電圧計 } → 實効値ヲ表ハス
電流計 }

1. 電磁型計器

2. 電流力計型計器

3. 靜電型計器

4. 熱電型計器

5. 整流型計器

(I) 電流計型測定計器、

交流ノ實効値ハ瞬時値ノ平方ノ平均値ノ平方根ナリ、故ニ廻轉部ニ作用スル廻轉力ノ瞬時値ガ其ノ時刻ニ於ケル電流ノ瞬時値ノ平方ニ比例スル場合ニハ、廻轉部ハ其ノ慣性ノタメ夫々ノ時刻ニ於ケル瞬時廻轉力ニ應ズル能ハズシテ結局瞬時廻轉力ノ平均値ニヨリテ支配セラル可ク、之ニ相當ノ制御廻轉力ヲ與フレバ廻轉部ノ指示ハ電流ノ瞬時値ノ平方ノ平均値即チ實効値ノ平方ニ應ズルモノヲ表現スルコトトナルベシ、故ニ目盛ヲ適當ニ施セバ廻轉部ニ取り附ケラレタル指針ハ直ニ電流ノ實効値ヲ指示スルコトトナルベシ、

電流計型電流計、電壓計ノ主要部ハ固定線輪ト可動線輪トニシテ、固定線輪ノ電流ヲ i_1 トシ、可動線輪ノ電流ヲ i_2 トス、 i_1 ニヨリテ生ジタル磁場ノ磁束密度ヲ B トス、此ノ磁場ニ於テ可動線輪ニ作用スル力ハ Bi_2 ニ比例シ、 B ハ i_1 ニ比例スルヲ以テ、結局可動線輪ニ作用スル力、從テ廻轉力ハ $i_1 i_2$ ニ比例スルコトトナルベシ、勿論此ノ廻轉力ハ線輪ノ捲數、可動線輪ノ磁場方向ニ對スル位置等ニモ關係スルモノナリ、可動線輪ニハ細キ導線ガ用キラレ、固定線輪ニハ電流計ニ於テハ太キ導線ガ用キラレ、通常ハ可動線輪ト並列ニ連結セラル、電壓計ニ於テハ細キ導線ガ用キラレ、可動線輪及無誘導抵抗ト共ニ直列ニ連結セラル、可動線輪ト固定線輪トガ並列ニアル場合ニハ i_1 ト i_2 トノ比ガ周波數或ハ溫度等ノ影響無ク常ニ一定ナル様ニ工夫セラル可キモノナリ、設計ノ良キモノハ周波數或ハ波形ニ影響セラルルコト殆ンド無キヲ以テ種々ノ周波數或ハ直流ニモ同一ノモノヲ使用スルコトヲ得ベシ、尙外部磁界ノ影響ヲ受クルコトヲ避クル様遮磁壁ヲ施ス等注意ヲ要ス、

電磁型計器

1. 永久磁石付可働線輪型 (直流)

2. 可働鉄片型 (交直両用)

3. 誘導型 (交流用)

inertia, time lag 等

大抵 Torque, 平均値 = 倍 = 動

$$\begin{aligned} \text{平均値} &\propto i^2, \text{平均値} \\ &\propto I^2 \end{aligned}$$

交流 = 71% ... 最初ト最後、方、目盛、割合、異

但 变化... 単調 + トラサエハカラス

$$Bi_2 \propto i_1 i_2$$

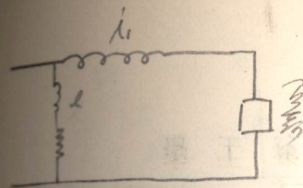
same phase

交直交用

電流力計型電力計ノ機構ハ畧同型ノ電流計ニ似タルモ、可動線輪ハ之ニ直列ニ大ナル無誘導抵抗ヲ有ス、而シテ其ノ全體ハ負荷ニ並列ニ連結セラル、從テ可動線輪ニハ負荷電壓 e ニ應ズル所ノ電流ガ成立スルコトトナルベシ、固定線輪ハ直接負荷線路ニ直列ニ連結セラルルカ、又ハ第一次線ニ負荷電流ヲ有スル變流器ノ第二次線ニ直列ニ連結セラル、是等兩線輪ノ作用ニツキテハ既ニ第二六節ニ述ベタル所ナルガ第 41 圖ノ連結ニ於テモ、第 42 圖ノ連結ニ於テモ實際ノ電力ヨリモ大ナルモノヲ讀ムコトトナルベシ、第 67 圖ニ於テ「ベクトル」CB ハ負荷ニ與ヘタル電壓 E ヲ表シ、「ベクトル」CA ハ可動線輪、即チ電壓線輪ニ與ヘタル電壓ヲ表ハス、而シテ「ベクトル」BA ハ固定線輪、即チ電流線輪ノ兩端ノ電壓ナリ、「ベクトル」CD ハ負荷電流 I ナリ、
電力計ノ指示スルモノハ

$$\begin{aligned} I \cdot \overline{CA} \cos \angle ACD &= I \cdot \overline{CG} \\ &= I(\overline{CF} + \overline{FG}) \\ &= I \cdot \overline{CF} + I \cdot \overline{FG} \\ &= EI \cos \varphi + r_c I^2 \end{aligned}$$

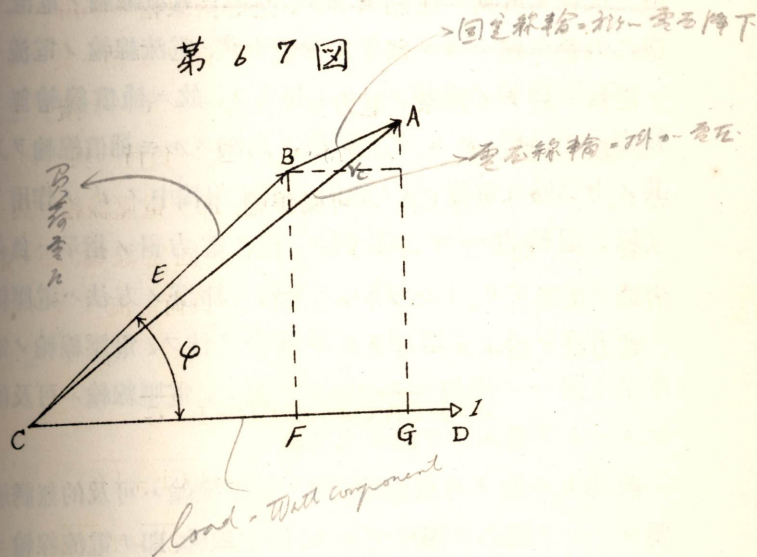
但シ r_c ハ電流線輪ノ抵抗ナリ、故ニ電力計ノ指示スルモノハ實際ニ負荷ニヨリ吸收サル、電力ヨリモ $r_c I^2$ ダケ大ナリ、 $r_c I^2$ ハ電流線輪ニヨリ消費サルル電力ナリ、之ヲ無視スレバ電力計ノ指示スルモノハ負荷ノ受取ル電力ヲ示スコトトナルベシ、第 42 圖ノ如ク電壓線輪ノ一端ヲ a ヨリ b ニ移セバ電壓線輪ニ與ヘラル、電壓ハ負荷ノ電壓ナルモ、電流線輪ノ電流ガ負荷電流ヨリモ電壓線輪ノ電流ダケ大トナリテ、此ノ場合ニモ電力計ヲ讀ミテ得



$$\begin{aligned} i_1 &\propto B \\ i_2 &\propto i_1 \\ \tau &\propto B i_2 \\ &\propto i_1 i_2 \\ &\propto i_1 e \\ &\propto w \end{aligned}$$

same phase $\rightarrow +4\% \rightarrow 3\% \rightarrow 7\% \rightarrow$ 全線又 \rightarrow
大ニ無誘導抵抗ニ入ル \rightarrow \rightarrow
負荷電流 e 何ノ電流カ流ル \rightarrow \rightarrow 充分 \rightarrow

第 67 圖

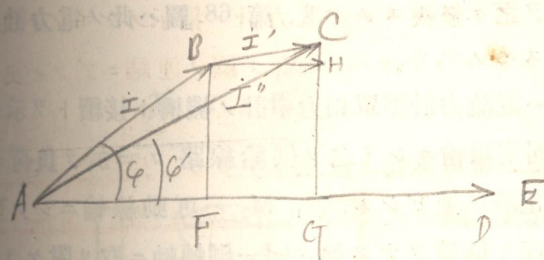
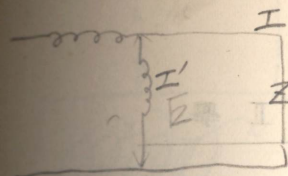


$$\begin{aligned} \vec{AB} &= i(\gamma_c + jX) \\ &= i\gamma_c + j i X \\ &= \vec{BH} + j \vec{AH} \end{aligned}$$

値ハ實際ニ負荷ノ受取ル電力ヨリ電壓線輪ニヨリ消費サルル電力
 ダケ大ナリ、之ヲ無視スレバ電力計ノ指示スルモノハ負荷ノ受取
 ル電力ヲ示スコトトナルベシ、此ノ圖ノ連結ニ於テハ更ニ補償線
 輪ヲ挿入スルコトニヨリテ前述ノ差ヲ自働的ニ打ち消スコトヲ
 得、補償線輪ハ電壓線輪ト直列ニアリテ電流線輪ト同一ノ捲數ヲ
有シ、電流線輪ト同一ノ Bobbin 上ニ電流線輪ノ電流ト反對ノ向
キヲ有スル様ニ捲カレタルモノナリ、電流線輪ノ電流ハ負荷電流
 i ト電壓線輪ノ電流 i' トノ和ナリ、故ニ補償線輪無キトキノ廻
轉力ハ $(i+i')$ ト i' トノ乘積ニ比例スルモ補償線輪ヲ入ルトキハ
 其ノ中ヲ通ル電流 i' ノ作用ハ電流線輪中ノ i' ノ作用ヲ打ち消ス
 ヲ以テ廻轉力ハ ii' ニ比例ス、從テ電力計ノ指示ハ負荷ノ電力ヲ
 示スコトトナルベシ、然レドモ此ノ補償ノ方法ハ電壓線輪ノ「インダク
 タンス」ヲ増加スル不都合ヲ伴フ、電壓線輪ノ電流ハ負荷
 電壓ト同一ノ位相ニアルコトヲ要シ、電壓線輪ハ可及的無誘導ト
 ナスコトヲ要スルヲ以テナリ、

前述セル如ク可動線輪、即チ電壓線輪ハ可及的無誘導トナス必
 要ヨリシテ鐵心ヲ用キザルモ、固定線輪、即チ電流線輪ニハ鐵心ト
 ナスコトアリ、鐵心トナル利益ハ廻轉力大トナルコト、外部磁界ノ
 妨害ヲ受ケザルコトナルモ不利益モ伴フモノナリ、即チ Hysteresis
 ハ固定線輪電流ノ位相或ハ波形ニ影響シ、可動線輪ノ「インダク
 タンス」ヲモ増加スルコトトナルベシ然レドモ良キ設計ニ於テハ
 是等ノ惡影響ヲ殆ド除クコトヲ得ベシ、

多相式電力計例ヘハ三相式用電力計ハ要スルニ二電力計法ヲ施
 ス可ク、二個ノ單相式電力計ヲ一ツノ機構ニ纏メタルモノニシテ、
 是等二個ノ單相式電力計ニ屬スベキ二ツノ可動線輪ハ同一廻轉軸



$$I''E \cos \phi' = E \cdot AG$$

$$= E (AF + FG)$$

$$= E I \omega \phi + E BH$$

$$I' = E Y = R (g - j'b)$$

$$= Rg - Rj'b$$

$$= \theta H - Rj'b$$

$$E = \frac{I}{Y}$$

$$I'' E \cos \phi' = E I \omega \phi + \frac{I}{Y} Rg$$

$$I' \frac{1}{Y} \frac{I}{Y} g$$

$$\frac{I^2}{Y^2} g$$

$$g = \frac{R}{Z^2}$$

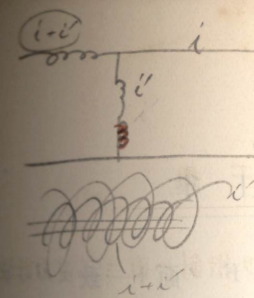
$$I' \times \frac{1}{Y^2} \times \frac{R}{Z^2} = I' R + \dots$$

ニ取り附ケラレ、其ノ合成廻轉力ニヨリ指針ハ直ニ二電力計法ニヨル全電力ヲ指示スルモノナリ、第 68 圖ハ此ノ電力計ノ線路ノ接続ヲ示スモノナリ、

第 69 圖ハ電流力計型單相力率計ノ機構ト接続トヲ示セルモノナリ、F ハ固定線輪ニシテ之ヲ供給線路 a ニ於テ負荷ニ直列ニ連結シ負荷電流ヲ通ゼシム、M₁、M₂ ハ可動線輪ニシテ互ニ直角或ハ直角ニ近キ位置ヲナス如ク同一廻轉軸ニ取り附ケラル、而シテ M₁、M₂ ハ全體トシテ制御廻轉力ヲ受クルコト無ク自由ニ廻轉ス、M₁、M₂ 夫々ノ一端ハ同一点 A ニ於テ結バレ A ハ F ト同一側ノ線路 a ニ接続セラル、M₁ ノ他端ハ無誘導抵抗 r 直列ニ連結セラレ其端ハ供給線路ノ他ノ側 b ニ接続セラル、M₂ トハ直列ニアリテ全體トシテ負荷ニ並列ニアリ、M₂ ニハ大ナル「インダクタンス」L ガ直列ニ連結セラレ、M₁ ト同様ニ M₂ ト L トハ全體トシテ負荷ニ並列ニアリ、M₁ ノ電流ト M₂ ノ電流トハ 90° ノ位相差ヲ有スルモノトス、

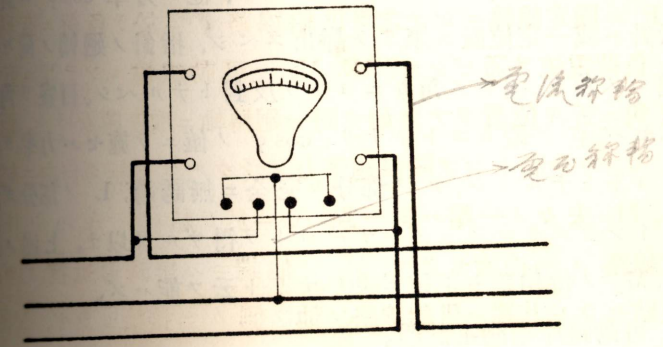
負荷ノ力率ヲ 1 ナリト假定ス、然ルトキ M₂ ニ於ケル電流ハ負荷電壓ニ對シ 90° 遅レ F ノ電流ニ對シテモ 90° 遅レ F ト M₂ トノ間ニハ廻轉力作用セズ、而シテ M₁ ノ電流ハ負荷電壓ニ對シ、又 F ノ電流ニ對シ同位相ニアリ、從テ F ト M₁ トノ間ニハ廻轉力ヲ生ジ之ニ對シ制御廻轉力無キヲ以テ廻轉部ハ自由ニ動キテ M₁ ノ面ハ F ノ面ニ一致セントス、即チ $\cos \varphi = 1$ ナルトキ廻轉部ハ M₁ ガ F ノ面ト一致スル位置ニマデ廻轉シテ静止スベシ、

次ニ $\cos \varphi = 0$ ナル場合ヲ考フ、F ノ電流ハ負荷電壓ト 90° 位相差アリ、又 M₁ ノ電流トノ位相差モ 90° ナリ、故ニ M₁ ト F トノ間ニハ廻轉力ヲ生ゼズ、M₂ ト F トノ間ニハ位相差無キコトトナリテ其ノ間ニ廻轉力ヲ生ジ M₂ ノ面ト F ノ面トハ同一面ニ

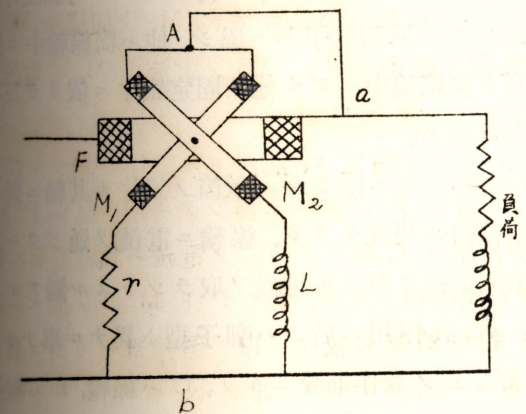


$i + i' \propto B$
 $i' = \dots$
 \dots
 $n(di') - ni = ni$

第 68 圖



第 69 圖



來ラントス、即チ廻轉部ハ M_2 ノ面ガ F ノ面ト一致スルマデ廻轉スベシ、

此ノ如クニシテ $\cos \varphi = 1$ ナルトキト、 $\cos \varphi = 0$ ナルトキトノ間ニ指針ハ 90° 廻轉スルコトトナルベシ、他ノ力率 $\cos \varphi$ ニ對シテハ指針ハ或一定位置ニ來リテ靜止スベシ、指針ノ廻轉ノ向キハ φ ガ進ミノ角カ、遅レノ角カニヨリテ反對トナルベシ、目盛ヲ角度ニテ示セバ φ ヲ讀ムコトトナリ、 $\cos \varphi$ ノ値ニテ施セバ力率ヲ直ニ讀ムコトトナルベシ、 r ノ部分ガ完全ニ無誘導、 L ノ部分ガ完全ニ「インダクタンス」ノミナルコトヲ得ザルヲ以テ、上述ノ如ク、 M_1 、 M_2 ノ位相差ハ正確ニ 90° ナリト云フ能ハズ、

(II) 可動鐵片型測定計器、

此種測定器ハ大別シテ二種トナス事ヲ得ベク一ハ可動鐵片ガ筒線輪中ニ吸込マルル所謂唧子型ニ屬シ、他ハ筒線輪中ニ裝置セル可動鐵片ガ同ジ筒線輪中ニアル他ノ固定鐵片ニ依リテ反撥セラルル所謂反撥型ニ屬ス、

猶、傾斜線輪型ト稱シ、軸ニ附シタル數箇ノ鐵片ガ其軸ニ對シテ傾斜セル一個ノ線輪内ニ裝置セラレ、線輪ニ電流ヲ通ジタル場合ニ其鐵片ガ最小磁氣抵抗ヲ與フル位置ヲ取ラントスル働アルヲ應用シタル型モ有レド、其作用ニ於テハ唧子型ト異ナル事ナシ、第70圖甲ハ唧子型測定器ノ動作部分ニシテ、 C ハ線輪、 P ハ唧子ナリ、 C ニ電流ヲ通ズレバ P ハ線輪中ニ引込マルベシ、同圖乙ハ反撥型測定器ノ平面圖ニシテ、線輪中ニ圓壘ノ一部分ノ形ヲ有スル固定鐵片 F 及可動鐵片 M ヲ裝置シ有リ、 M ハ F ノタメニ反撥セラレテ矢ノ方向ニ動クモノトス、丙ハ傾斜線輪型ニシテ C ニ電流ヲ通ズレバ鐵片 M ヲ支持スル軸ハ廻轉ス、

是等ノ測定器ニ於テ線輪中ニ電流ヲ通スル時ハ、線輪ノ内側ニ其電流ニ比例スル磁界ヲ生ジ、其爲可動鐵片ハ磁化セラレ、可動鐵片一個ニシテ啣子ノ形ヲナスモノニアリテハ鐵片ハ線輪中ニ吸込まレ、又鐵片ノ數二個ニシテ一方ノ固定スル場合ニハ可動鐵片ノ之ニヨリ反撥セラル、而シテ前者ニ於テハ其吸引力ハ線輪中ノ磁界ノ強サト鐵片ノ磁氣密度ト鐵片トノ位置トニ關係シ、又後者ニ於テハ兩鐵片ノ磁氣密度ノ積ト其相互位置トニ關係スベク、鐵片中ノ磁氣密度ハ導磁率一定ナラバ線輪中ノ磁界ニ比例シ從ツテ電流ニ比例スベキヲ以テ、結局吸引力ノ時ニモ反撥力ノ時ニモ、其等ノ力ハ何レモ電流ノ二乗ニ比例シ、鐵片ト線輪又ハ鐵片相互間ノ關係位置ニ關係スベシ、

此ノ測定器ヲ直流ニ使用スルトキハ鐵ノ「ヒステレシス」ノ影響ヲ受ケ精密度ヲ害セラル、此ノ欠點ノタメ此種測定器ハ直流用トシテハ精密測定器具ニハ殆ド用ヒラレズ、多ク配電盤用測定器ニ用ヒラル、

次キニ此種測定器ヲ交流ニ用ラル場合ニハ、鐵片中ニ於ケル「ヒステレシス」及渦流損失並ニ線輪磁界中ニ有ル金屬部分、例ヘバ線輪、捲棒、制動裝置等ノ中ニ生ズル渦流ノ影響トシテ、周波數ニ依リ同一電流ニ對シテ指示ヲ異ニシ又電壓測定器ノ場合ニハ別ニ線輪ノ誘導ノ爲、周波數ニ依リ同一ノ電壓ニ對スル線輪中ノ電流ヲ異ニシ、從ツテ指示ヲ異ニスベシ、又之交流電壓計トシテ用ヒルトキハ波形ノ影響モ受クルモノナリ但シ交流電流計トシテ用ヒルトキハ此影響ハ無キモノトス、

(III) 誘導型測定計器、

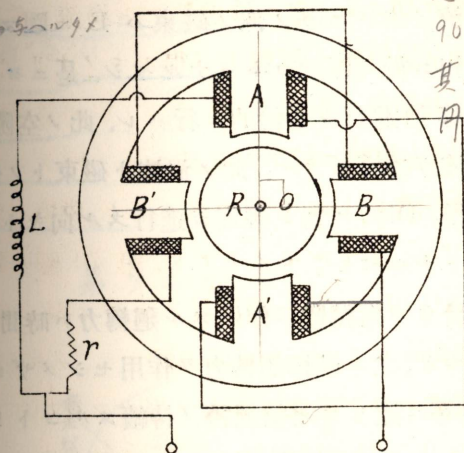
此ノ型ハ交流計器トシテノミ成立スルモノニシテ、其ノ作用ハ

固定線輪ヲ通ズル交流ニヨリテ生ズル磁場ノ磁束ニヨリテ可動タル金屬導體ガ切ラレ、之ニ誘導サルル渦流ト前記磁場トノ作用ニヨリテ可動金屬導體ハ廻轉力ヲ得ルモノナリ、此ノ作用ハ後ニ説ク所ノ誘導電動機ノ作用ト同一ナリ、單相誘導電動機ノ條項ヲ參照スベシ、固定線輪ニ於ケル交流ニヨリ作ラルル磁場ハ廻轉磁界ニシテ可動導體ガ Drum 型ナルモノト、磁場ガ移動磁界ニシテ可動導體ガ Disc 型ナルモノトアリ、第 70 圖ハ廻轉磁界型機構畧圖ナリ、AA', BB' ハ同一周波數ノ交流ノ固定線輪ニシテ其等ノ軸ハ互ニ直角ニアリ、R ハ可動導體ナリ、AA' ノ電流ニヨル磁束ト BB' ノ電流ニヨル磁束トガ大サ等シク且 90° ノ位相差ヲ有スルトキハ中心 O ニ於テ同週期ノ廻轉磁界ヲ生ジ其ノ大サハ一定不變ナルコトハ多相式廻轉磁界ノ條項ニ於テ知ル所ナリ、若シ AA' ニヨル O 點ニ於ケル磁場ト BB' ニヨル O 點ニ於ケル磁場トガ大サ等シカラズ、位相差 90° ナラザルトキハ橢圓廻轉磁界ナルベシ、何レニシテモ O 點ニ於ケル廻轉磁界ハ導體 R ヲ切ルコトトナリ、R ニ渦流ヲ誘導スルコトトナルベシ、此ノ渦流ト磁場トノ間ニ廻轉力ヲ生ジ R ハ廻轉セントスベシ之ニ制御廻轉力ヲ與ヘテ指針ヲシテ一定ノ位置ニ來ラシム BB' ニ「インダクタンス」L ヲ入レタルハ AA' トノ間ニ位相差ヲ生ゼシムルタメナリ、

第 71 圖ハ移動磁界 Disc 型ノ機構畧圖ナリ、C ハ固定線輪ニシテ A ハ Aluminium disc ナリ、C ノ磁極面ノ半部ニハ短絡セル金屬環或ハ線輪 E アリ、D ハ制動作用ヲナサシムル所ノ永久磁石ナリ、固定線輪 C ハ、電流計トシテハ負荷ト直列ニ連結セラル、電壓計トシテハ負荷ニ並列ニ連結セラル、C ニ交流ヲ通ズレバ磁

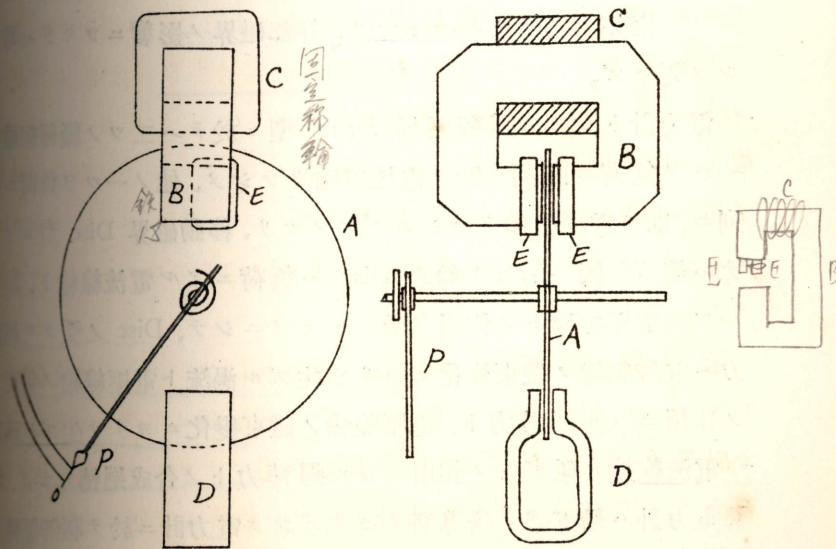
(Drum 型)

第 70 圖



(Disc 型)

第 71 圖



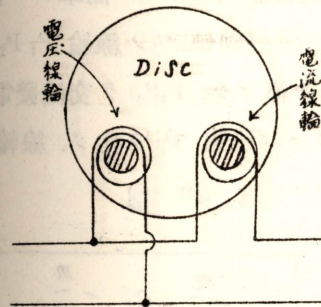
極間ニ交番磁界ヲ生ジ、線輪 E ニ誘導電流ヲ生ズ、此ノ E ニ於ケル誘導電流ノタメニ其ノ部ノ磁束ハ E ニ圍マレザル部分ノ磁束ヨリモ位相ニ於テ遅ルコトトナルベシ、是ニヨリテ磁極間ノ空隙ニ磁束ノ移動進行ガ連續的ニ行ハレ、此ノ空隙ニアル Disc ノ部分ニ渦流ガ誘導セラル、此ノ渦流ト磁束トノ作用ニヨリ Disc ハ廻轉力ヲ得、Disc ニ對シ磁束ガ進行スル向キト同一ノ向キニ廻轉スルコトトナルベシ、

誘導型ニ於テハ廻轉體ニ作用スル廻轉力ハ時間ニ關係無ク一定不變ノモノナリ、之ニ制御廻轉力ヲ作用セシメザレバ摩擦、空氣抵抗、制動作用等ニ逆ヒテ連續廻轉ヲ持續スルコトトナルベシ、廻轉體ガ廻轉シツツアルトキ其ノ如何ナル位置ニ於テモ廻轉力ハ同一ナルヲ以テ目盛ヲ廣クナスコトヲ得、此ノ型ノ不利ナル點ハ廻轉力ガ周波數ニ影響サルルコト大ナルヲ以テ、一定ノ周波數ニテテノミ使用シ得ラルルコトナリ、外部磁界ノ影響ニツキテハ考フルヲ要セズ、
温度も影響ス

電力計トシテハ廻轉磁界 Drum 型ニ於テハ二ツノ勵磁線輪ノ一ツヲ負荷ニ直列ニ即チ電流線輪タラシメ、他ノ一ツヲ負荷ニ並列ニ、即チ電壓線輪タラシムルモノナリ、移動磁界 Disc 型ニ於テハ第 72 圖ニ示セル如ク Disc ハ負荷ニアル電流線輪ト、並列ニアル電壓線輪トノ作用ヲ受クルモノニシテ、Disc ノ受クル廻轉力ハ電流線輪ノ磁束變化ニヨリテ生ズル渦流ト電壓線輪ノ磁束トノ作用ニヨル廻轉力ト、電壓線輪ノ磁束變化ニヨリテ生ズル渦流ト電流線輪ノ磁束トノ作用ニヨル廻轉力トノ合成廻轉力ナリ、積算電力計ハ殆ド總テ誘導型ノモノニシテ電力計ニ於テ制御廻轉力ヲ與フル裝置ヲ除キテ廻轉ヲ持續セシムルモノナリ、

積算電力計 同ノ principle

第 72 圖



第二章

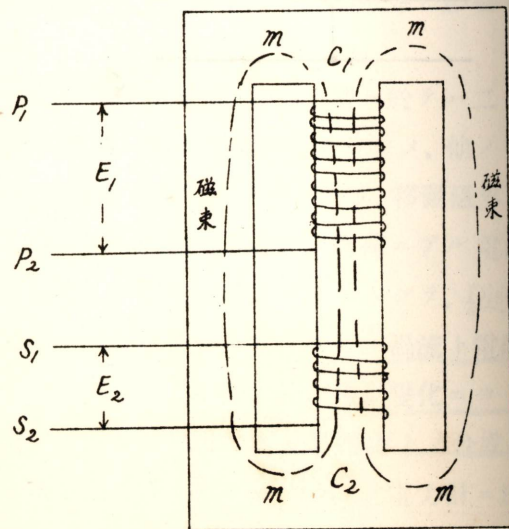
變壓器

—○○○○—

三五、變壓器、

第 73 圖ハ變壓器ノ構造ヲ説明スル簡單ナル圖ナリ、 C_1 C_2 ハ
Transformer
 鐵心ニシテ其ノ上ニ捲カレタル二ツノ線輪 $P_1 P_2$ 及 $S_1 S_2$ アリ
 ノ兩線輪間ニハ電氣的連絡ナシ、 $P_1 P_2$ ヲ交流發電機又ハ交流送電
 線ニ連結シ交流ヲ通ズレバ磁束 ϕ ヲ生ジ、線輪 $S_1 S_2$ ヲ貫ケ

第 73 圖



磁回路 μ 大ニ鉄ヲ使用

此ノ磁束ノ變化ニヨリ $S_1 S_2$ ニハ起電力ガ誘起セラル、此ノ誘起セラレタル起電力ノ値ハ $S_1 S_2$ ノ捲數ニ關係スルヲ以テ此ノ捲數ヲ適當ニナスコトニヨリテ起電力ノ値ヲ要求スル所ノ値トナスコトヲ得、又此ノ起電力ノ周波數ハ $P_1 P_2$ ニ與ヘラレタル起電力ノ周波數ト同一ナリ、 $S_1 S_2$ ニ電燈、電動機等ヲ入レ其ノ回路ヲ閉ヂタリトスレバ $S_1 S_2$ ノ起電力ニヨリ電燈、電動機等へ電流ガ送ラレ電力ガ供給セラル、變壓器ハ上述ノ如キ裝置ニヨリ或周波數ノ或電壓ノ交流ヲ同一ノ周波數ノ他ノ電壓ノ交流ニ變ズル器械ナリ $P_1 P_2$ ヲ一次線輪ト云ヒ、 $S_1 S_2$ ヲ二次線輪ト云フ、二次電壓ガ一次電壓ヨリモ高キトキハ之ヲ昇壓器ト云ヒ、二次電壓ガ一次電壓ヨリ低クケレバ之ヲ降壓器ト云フ、

上述セル如ク變壓器ハ其ノ線輪ノ捲數ニヨリ容易ニ適當ナル二次電壓ヲ得ル所ノモノニシテ、尙其ノ線輪抵抗ニヨル銅損鐵心中ノ心損、是等ノ全損失ハ全電力ニ對シ極メテ小ニシテ、力率 1 ナル全負荷附近ニ於ケル能率ハ小變壓器ノ 95% 程度ヨリ大變壓器ノ 98.5% 或ハ 99% ニモ達スルモノアリテ、之ニ加フルニ其ノ構造ニハ廻轉部分ナク從テ運動ニヨル故障ハ全ク無シ、此ノ如ク簡單便利ニシテ能率良キ變壓器ノ存在ガ動力用トシテ交流ガ直流ニ勝リテ廣ク一般ニ使用セラルル主要因由ノ一ツナリ、

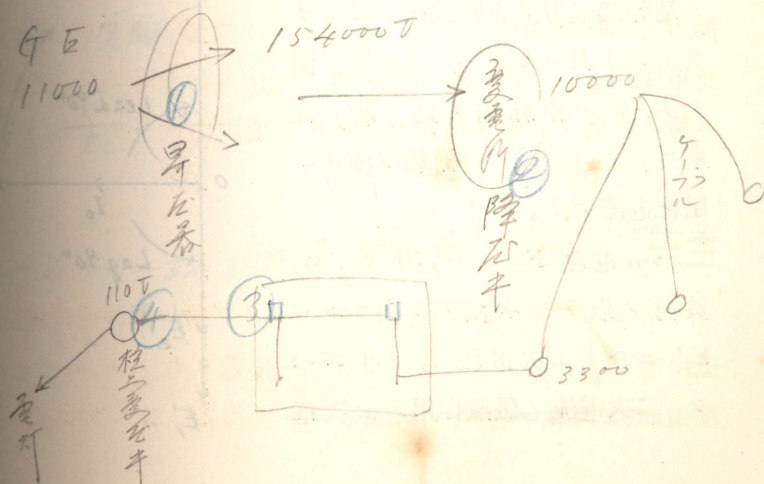
三六、一次及二次電壓、電流、

一次及二次捲數線ノ抵抗ヲ無キモノト倣シ漏洩磁束モ無ク、心損モ無シト見倣シ得ル如キ理想的變壓器ヲ考フ、 $n_1 n_2$ ヲ夫々一次線輪、二次線輪ノ捲數トシ、 E_1 ヲ一次線輪ニ與ヘラレタル電壓ト

一種ノ誘導器

$$\frac{E_1}{E_2} \approx \frac{n_1}{n_2} \quad n: \text{捲數}$$

交流-於テ、電圧變化自由ナリ



シ、 E_1' フ磁束ノ變化ニヨリ一次線輪ニ誘導セラレタル起電力トシ
 E_2' フ磁束ノ變化ニヨリ二次線輪ニ誘導セラレタル起電力トス、
 磁束ノ最大値ヲ Φ_m トスレバ一捲ノ線輪ニ起ル起電力ノ平均値ハ

$$4f\Phi_m \cdot 10^{-8} \text{ V}$$

磁束ノ變化ガ正弦的ナルトキ起電力ノ實効値ハ一捲毎ニ

$$4 \times \text{波形率} \quad (4.44)f\Phi_m \cdot 10^{-8} \text{ V}$$

漏洩磁束無シトセルヲ以テ

$$E_1' = 4.44f\Phi_m n_1 \cdot 10^{-8} \text{ V}$$

故ニ

$$\frac{E_1'}{E_2'} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$E_2' = 4.44f\Phi_m n_2 \cdot 10^{-8} \text{ V}$$

$$E_1' = E_2'$$

一次線輪ノ抵抗モ無シト見做セルヲ以テ E_1' ト E_1 トハ大サ等シク
 位相ハ反對ナリ、故ニ 又 同様ニ $E_2' = E_2$ 第 74 圖

$$\frac{E_1'}{E_2'} = \frac{n_1}{n_2}$$

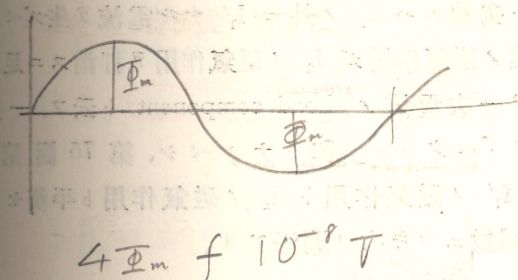
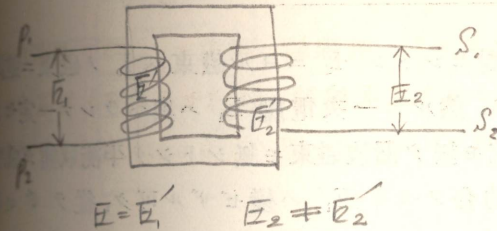
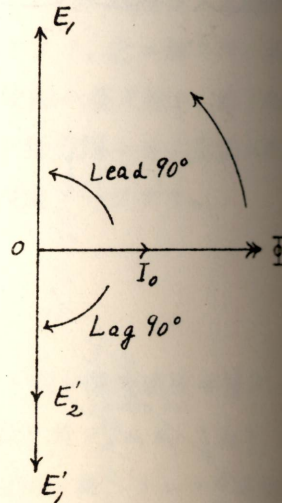
此ノ比ヲ變壓比ト云フ、第 74 圖

Transformation ratio

ハ是等起電力ヲ正弦波のモノナリトシテ表ハセル「ベクトル」圖ナリ、 Φ ハ兩線輪ヲ貫ク所ノ磁束ニシテ I_0 ハ一次線輪ヲ流ルル

磁化電流ナリ、
 Magnetising current

一次電壓 E_1 ハ一定ナリトス、
 負荷ヲ以テ二次回路ヲ閉ヅレバ E_2' ニヨリ二次電流 I_2 ヲ生ズベシ、
 二次電流ノ磁氣作用ハ一次電



$$\frac{E_1'}{E_2'} = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{但漏洩ト}$$

一般ニ實際ニ...

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} \text{ トス (正確ニ等シカラス)}$$

一次側、端子変圧、一定ナリトス

流ノ磁氣作用ニ反對セントシ、 I_0 ニヨル磁束ハ、 I_0 ノ磁束ニ過シ
シ ϕ ヲ減セントス、然ルニ一次電壓 E_1 ハ與ヘラレテ一定セ
トシ、一次線輸抵抗モ無ク漏洩磁束モ無シトシテ平衡状態ガ成立
スルトキハ、 E_1 ニ釣合フベキ E_1' ハ變ゼザル可ク、從テ ϕ モ亦
一定ナル可シ、即チ I_2 ニヨル磁束ガ I_0 ニヨル磁束 ϕ ヲ減
セントスレバ一次線ニハ I_0 ノ外ニ I_1' ナル電流ヲ生ズベク、 I_1' ノ
成生ハ恰モ其ノ磁氣作用ガ I_2 ノ磁氣作用ヲ打消スニ足ル所
ノナリ、 I_1' ヲ一次電流ノ **Load component**ト云フ、一次電流
 I_0 ト I_1' トノ「ベクトル」和トナルベシ、第75圖、第76圖ヲ
參照スベシ、 I_1' ノ磁氣作用ト I_2 ノ磁氣作用ト平衡セルヲ以テ
「アムペア」回數ニツキ次ノ關係アリ、

$$n_1 I_1' = n_2 I_2$$

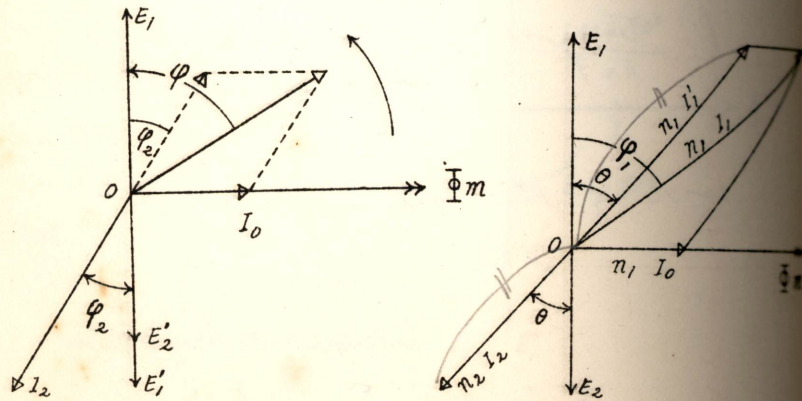
$$\frac{I_1'}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

I_0 ハ全負荷附近ニ於テ I_1' ニ比シ甚小ナルヲ以テ I_1' ハ I_1
殆ド等シキモノト見做シテ可ナリ、故ニ

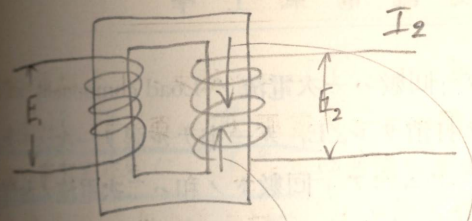
$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{n_2}{n_1}$$

第 75 圖

第 76 圖



一次電圧、変圧器ニハ同係ナシ



$$E_1 = - \dot{\phi} \frac{d\Phi_m}{dt} \quad E_2 = - \dot{\phi} \frac{d\Phi_m}{dt}$$

$$\text{而シテ } E_1 = 4.44 f n_1 \Phi_m \times 10^{-8} \text{ V}$$

$$E_2 = 4.44 f n_2 \Phi_m \times 10^{-8} \text{ V}$$

$$\begin{cases} I_1 = I_1' + I_0 \\ I_2 \text{ load} \end{cases} \quad \text{勵磁電流ハ極メテ小}$$

電流、捲線ニ逆比例ス

全負荷附近ニ於テ $I_1 = I_2$

$$n_2 I_2 = n_1 I_1$$

二次線輪ノ「アムペア」回数ハ一次電流ノ Load component ノ「アムペア」回数ニヨリテ打消サレ、 E_1 ガ一定ナル限リ一次ノ「アムペア」回数ト二次ノ「アムペア」回数トノ和ハ二次電流ノ如クニ關セズ恒ニ $n_1 I_0$ ニシテ一定ナリ、即チ二次電流ニ無關係ニ一定ナリ、從テ二次線輪ニ誘導サルル起電力 E_2' ハ二次電流ニ關係セズ恒ニ一定ナリ、一定電壓ノ幹線ヨリ電力ヲ其ノ一次線輪ニ受取り之ヲ一定ノ二次起電力ニヨリ負荷ニ渡ス所ノ變壓器ヲ不負電壓變壓器ト云フ、

上述セル所ハ理想的變壓器ニ關スルモノナリ、實際ノ變壓器ニ於テハ無負荷損失アリ、一次線輪ノ抵抗ノタメノ損失ハ極メテ小ナルヲ以テ無負荷損失ハ殆ド總テ Hysteresis 竝ニ渦流ニ基ク所ノ心損ナリト見做シテ可ナリ、無負荷ニ於ケル一次電流即チ勵磁電流ハ Hysteresis ノタメ正弦的ノモノニアラザルモ之等價正弦波ニテ置き換ヘタリトシテ之ヲ I_0 トスレバ I_0 ノ E_1 ニ對スル相差 90° ヨリ小トナリ無負荷損失ニ相當スル Watt component ヲ有スルコトナルベシ、而シテ I_0 ノ Wattless component ハ即チ磁化電流 I_m ナリ、又一次、二次線輪ニハ夫々ノ「アムペア」回数ニヨリ支配サルル所ノ一次漏洩磁束二次漏洩磁束アリテ夫々ノ線輪ニ於テ「リアクタンス」トシテ作用ス、又一次線輪、二次線輪ニ抵抗アリ、是等ヲ考ヘテ畫キタル「ベクトル」圖ガ第 77 圖ナリ、

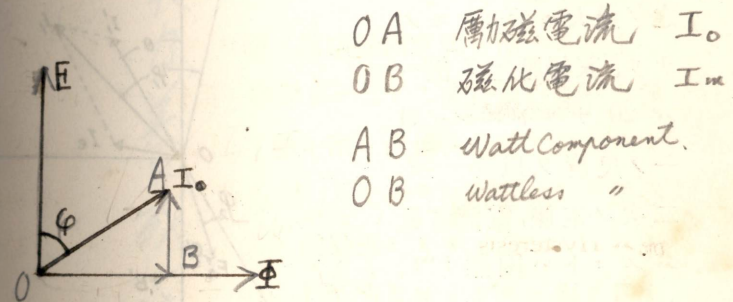
$R_1 R_2$ ヲ夫々一次、二次線輪ノ抵抗トシ $X_1 X_2$ ヲ夫々漏洩磁束ニ基ク所ノ一次、二次線輪ノ「リアクタンス」トス、 AB ハ E_1 ニシテ I_2 ニ平行ナリ、 BC ハ $X_1 I_1$ ニシテ I_1 ニ對シ 90° 進ミモノナリ、 E_1 ハ E_1' 、 $R_1 I_1$ 、 $X_1 I_1$ ノ「ベクトル」和ナリ、又 $A'B'$ ハ $R_2 I_2$ ニシテ I_2 ニ平行ナリ、 $B'C'$ ハ $X_2 I_2$ ニシテ I_2 ニ對シ

勵磁電流、鉄損、後ノ有効電流ト之ト直角方向
ニ磁化電流トノベクトル和ナリ。

$$n_1 I_0 \dots \text{常} = \text{一定} + \gamma$$

$$\text{抵抗} = \text{後ノ損失} I_0^2 R_1 \text{ 小}$$

鉄損



- OA 勵磁電流 I_0
- OB 磁化電流 I_m
- AB Watt Component
- OI Wattless "

E ハ \sin form ナリ I_0 ハ \sin form
ニ非ズ之ニ等價正弦波ヲ以テ表ス。

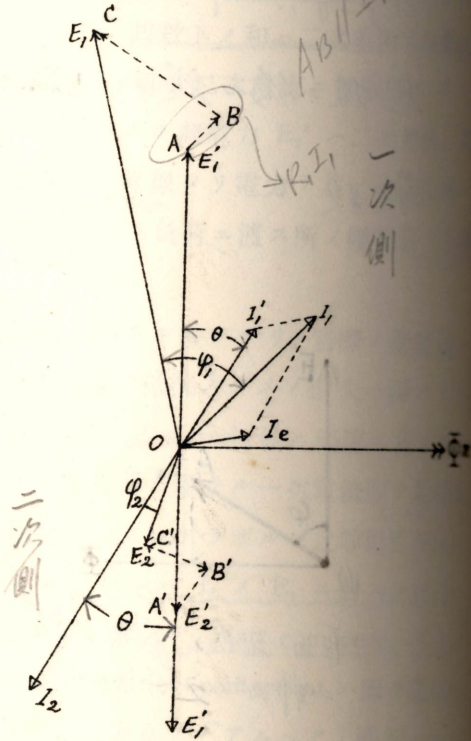
大体ニ於テ無負荷損失、鉄損

ノ和ト考ヘル可ナリ。

第 77 圖

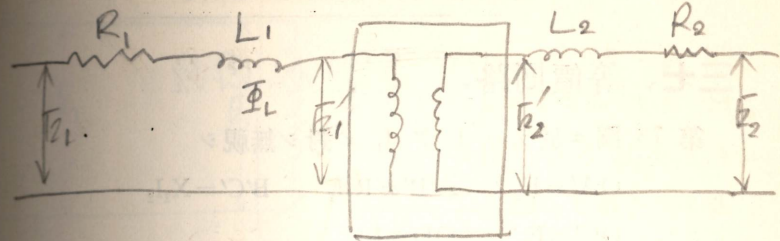
90° 遅レタルモノナリ、
 E_2' ヨリ「ベクトル」ト
 シテ $R_2 I_2$, $X_2 I_2$ ヲ引キ
 去リタル残りハ即チ二
 次ノ端子電壓 E_2 ナリ、
 尙實際ニハ I_1' ハ I_1
 ノ數 % ニ過ギザルモ
 ノナルモ右圖ニハ殊更
 之ヲ過大ニ示セルモノ
 ナリ、又變壓比ヲ例ヘ
 バ 20 ナリトスレバ同
 一ノ尺度ヲ以テ一次、
 二次ノ電壓、電流ヲ表
 ハスコトハ困難ナリ、
 故ニ變壓比 1:1 ノ場
 合ノ圖ヲ畫キテ攻究ス
 ルヲ通常トシ其ノ結果
 ヲ實際ノ變壓比ノモノ
 ニ移スコトハ容易ナ

リ、變壓比 1 トスレバ E_1' ハ E_2' ト等シキ大サトナリ I_1' ハ I_2
 ト等シキ大サトナルベシ、此ノ事ハ電壓電流ヲ表ハス尺度ヲ一
 次、二次ニ於テ異ニスルコトニシテ一次、二次ニ於ケル尺度ヲ電壓
 ニツキテハ夫々ノ捲數ニ反比例セシメ、電流ニツキテハ捲數ニ正
 比例セシムルコトト同様ナリ、



$$\Phi_1 = \Phi_m + \Phi_L$$

電圧 = 関係 + ...



電力養成、移極的覺悟

三七、等價回路、相似回路

第 78 圖 = 於テハ I_1 ヲ $I_1 = \text{對シ無視シ}$

$OA' = E_2 \quad A'B' = R_2 I_2 \quad B'C' = X_2 I_2$

$OC' = E_2' \quad OD' = I_2$

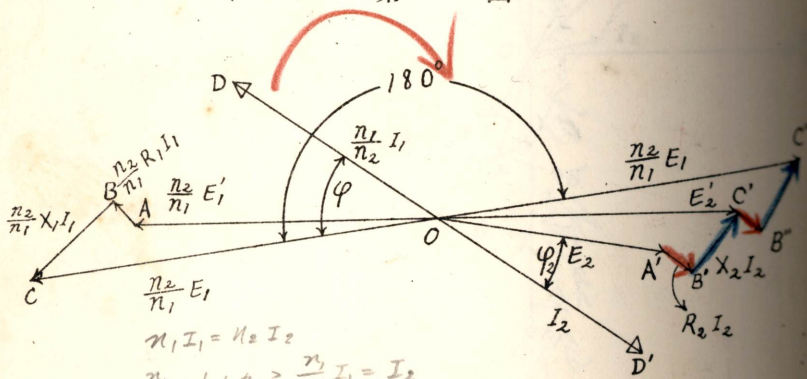
而シテ

$OA = \frac{n_2}{n_1} E_1' \quad AB = \frac{n_2}{n_1} R_1 I_1 \quad BC = \frac{n_2}{n_1} X_1 I_1$

$OC = \frac{n_2}{n_1} E_1 \quad OD = \frac{n_1}{n_2} I_1$

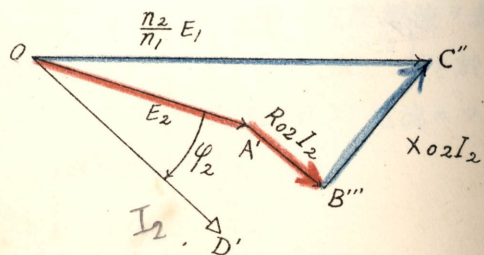
トシテ畫カレタルモノナリ、

第 78 圖

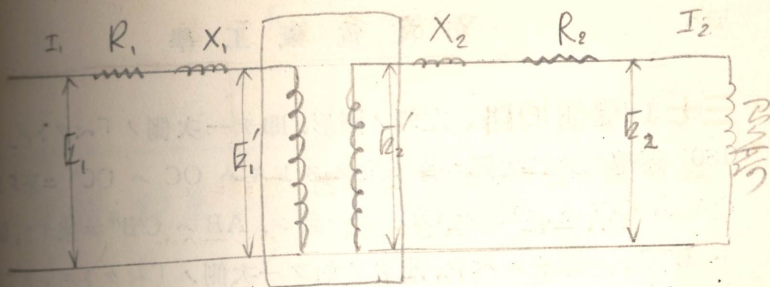


$n_1 I_1 = n_2 I_2$
 $\frac{n_1}{n_2} = 1 \text{ (e.g.)} \rightarrow \frac{n_1}{n_2} I_1 = I_2$
 $\frac{n_2}{n_1} E_1' = E_2$

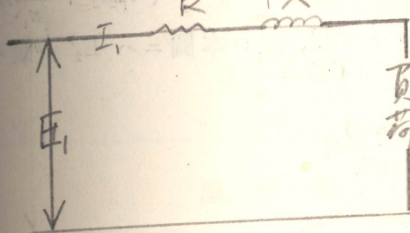
第 79 圖



変圧器 電路の連絡 +



之ヲ次、如シ I_2 7 の 出 来 スカ



此ノ時 R + X 値ヲ定メル
 此ノ時負荷、無負荷保 + 9。

一次側ト二次側、別アヤ。

$|E_1'| = |E_2'|$ トスレバ、電氣回路ヲ表ス。
 出 来 ン

① E_1 7 二次側 = 直シタ、 $E_1 \times \frac{n_2}{n_1}$ 電
 圧カカヤ、途中 = drop カアツテ E_2 ト
 I_2 7 電流カカヤ、端子電圧カ

② E_1 } $\rightarrow E_2 \cdot \frac{n_1}{n_2}$ 一次側 = 直シタ、
 I_2 }

○ヲ中心トシ○ノ左側ノ圖形、即チ一次側ノ「ベクトル」ヲ
 180° 廻轉シテ二次側ニ持ち來タストキハ、OCハOC''ニ來タリ、
 OAハOC'ト、ODハOD'ト一致シ、ABハC'B''ニ來タリ、BC
 ハB''C''ニ來タルベシ、此クノ如ク一次側ノ「ベクトル」ヲ二次
 側ニ持ち來タシテ得タル「ベクトル」圖ヲ更ニ第79圖ノ如ク
 $R_2 I_2$ ト $\frac{n_2}{n_1} R_1 I_1$ トヲ合セテA'B'''トシ、 $X_2 I_2$ ト $\frac{n_2}{n_1} X_1 I_1$ トヲ合
 セテB'''C'''トナスコトヲ得、但シ本圖ニハ E_2' ヲ表ハセルOC
 ヲ缺ク、

$$I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2$$

トスレバ

$$R_2 I_2 + \frac{n_2}{n_1} R_1 I_1 = \left\{ R_2 + \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 R_1 \right\} I_2 = R_{02} I_2$$

$$X_2 I_2 + \frac{n_2}{n_1} X_1 I_1 = \left\{ X_2 + \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 X_1 \right\} I_2 = X_{02} I_2$$

但シ

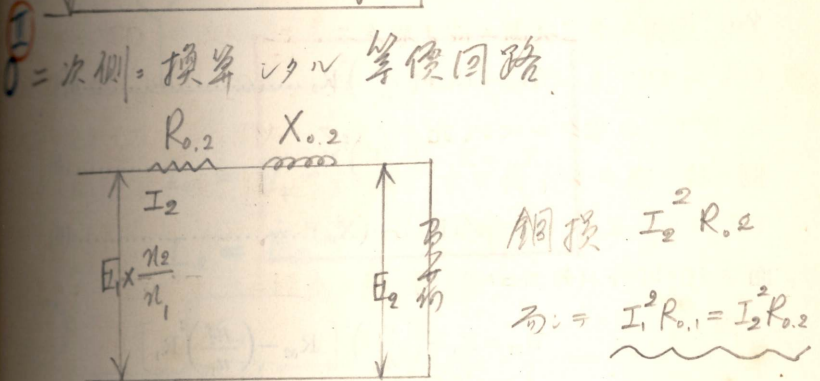
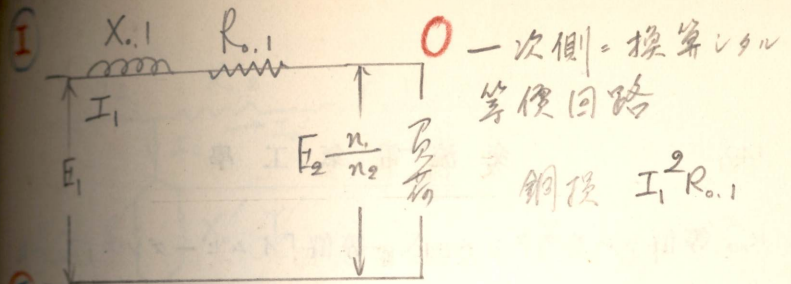
$$\left\{ \begin{aligned} R_{02} &= R_2 + \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 R_1 \dots\dots\dots(1) \\ X_{02} &= X_2 + \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 X_1 \dots\dots\dots(2) \end{aligned} \right.$$

R_{02} ヲ二次ニ關シテノ變壓器ノ等價抵抗ト云ヒ、 X_{02} ヲ二次ニ關
 シテノ變壓器ノ等價「リアクタンス」ト云フ、而シテ

$$Z_{02} = \sqrt{(R_{02})^2 + (X_{02})^2} \dots\dots\dots(3)$$

トシ Z_{02} ヲ二次ニ關シテノ變壓器ノ等價「イムピーダンス」ト云
 フ、

上述セル所ハ一次側ヲ二次側ニ移セルモノナルガ、同様ニシテ
 二次側ヲ一次側ニ移スコトヲ得、而シテ一次ニ關シテノ等價抵抗



○ I_2 ハ I_1 ニ対シ無視ス $I_e = 0$
 ナルハ $I_1 = I_1'$ トス

二次側ノ r_2 ハ一次側ノ $r_1 = \frac{n_2}{n_1} r_1$ ヲ
 掛ケタ r_2 ニ相等シ

I_1 ト I_2 トハ一直線トナリ

各抵抗ハOD'ニ平行ナリ

$$\text{銅損} R_{02} I_2 = R_2 I_2 + \frac{n_2}{n_1} R_1 I_1$$

$$I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2$$

$$R_{02} I_2 = I_2 \left\{ R_2 + \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 R_1 \right\}$$

$$\therefore R_{02} = R_2 + \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 R_1$$

R_{01} , 等価「リアクタンス」 X_{01} , 等価「イムピーダンス」 Z_{01} 夫々

$$R_{01} = R_1 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2 \dots\dots\dots(4)$$

$$X_{01} = X_1 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 X_2 \dots\dots\dots(5)$$

$$Z_{01} = \sqrt{(R_{01})^2 + (X_{01})^2} \dots\dots\dots(6)$$

而シテ (1) ト (4) トヨリ

$$R_{01} = R_1 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \left[R_{02} - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 R_1 \right]$$

$$= \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_{02}$$

同様ニシテ

$$\frac{R_{01}}{R_{02}} = \frac{X_{01}}{X_{02}} = \frac{Z_{01}}{Z_{02}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \dots\dots\dots(7)$$

変圧器ノ銅損ヲ W_c トスレバ

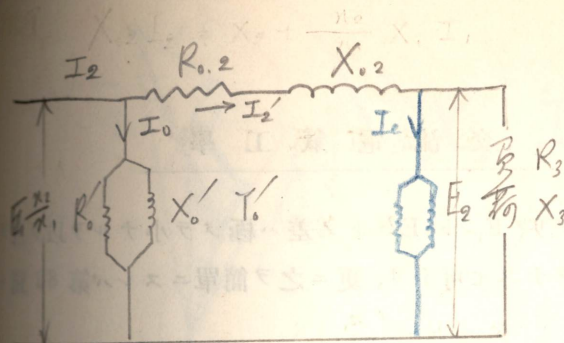
$$W_c = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2$$

$$I_2 = \frac{n_1}{n_2} I_1 \rightarrow \left[R_1 + \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 R_2 \right] I_1^2 = R_{01} I_1^2 \dots\dots\dots(8)$$

$$I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2 \rightarrow \left[R_2 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_1 \right] I_2^2 = R_{02} I_2^2 \dots\dots\dots(9)$$

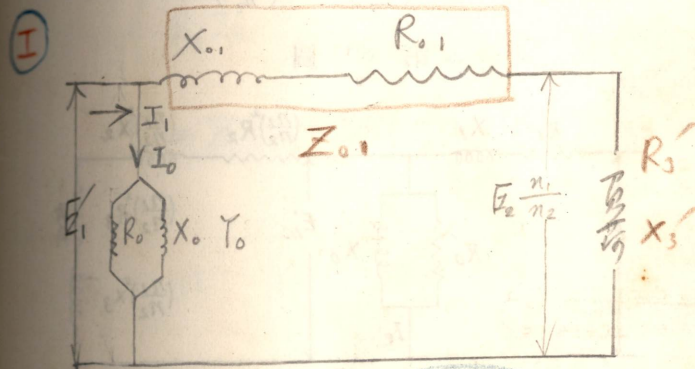
上述ノ結果トシテノ變圧器ノ一次回路, 二次回路ヲ単一回路ヲ以テ置キ換ヘテ考フルコトヲ得、

一次回路ヲ二次回路ヘ移スカ、二次回路ヲ一次回路ヘ移スカニ從ヒテ等価抵抗, 等価「リアクタンス」, 等価「イムピーダンス」夫々 (1) (2) (3) 又ハ (4) (5) (6) トナルベシ、第 80 圖ハ二次回路ヲ一次回路ヘ移セルモノナリ、 $R_0 X_0$ ハ無負荷損失竝ニ磁化電流ニ相當スルモノニシテ尙 $R_3 X_3$ ハ二次回路ニ與ヘラレタル負荷



$$I_0 = E_1 \frac{n_2}{n_1} \dot{Y}'$$

$$I_e = E_2 \dot{Y}'$$



$$I_e = 0 \text{ トス}$$

22/14 ..

$$I_1 X_{01} = X_1 I_1 + X_2 I_2 \frac{n_1}{n_2}$$

$$I_1 R_{01} = R_1 I_1 + R_2 I_2 \frac{n_1}{n_2}$$

$$I_2 = I_1 \frac{n_1}{n_2} + n \text{ ヲシテ}$$

$$X_{01} = X_1 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 X_2$$

$$R_{01} = R_1 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2$$

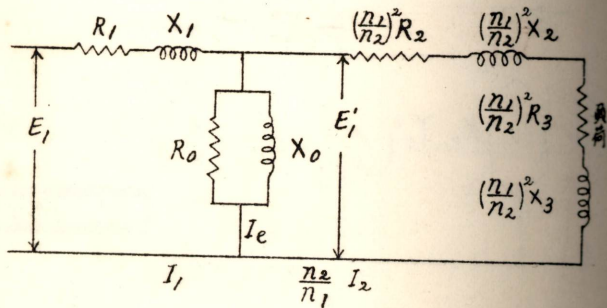
ニ屬スルモノナリ、 E_1 ト E_1' トノ差ハ極メテ小ナルヲ以テ之ヲ
第 81 圖ノ如クナスモ可ナリ、更ニ之ヲ簡單ニスレバ第 82 圖ト
ナルベシ、

但シ

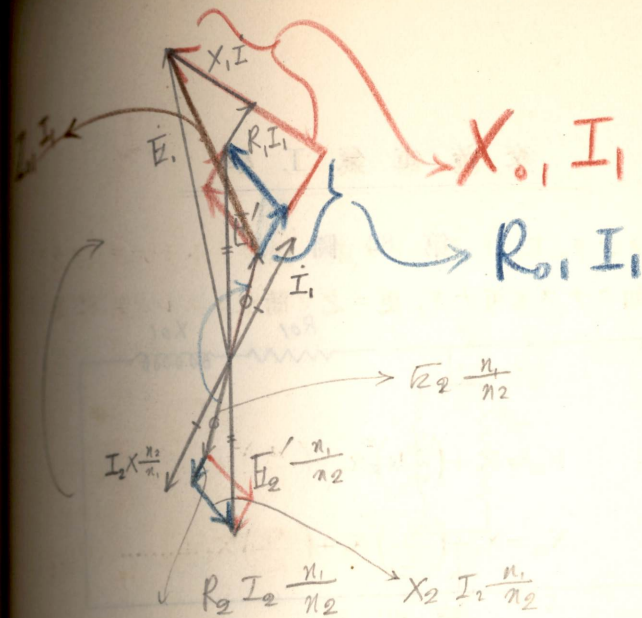
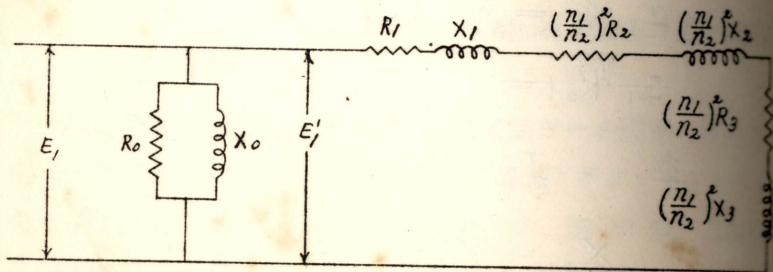
$$R_{01} = R_1 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_3 \dots\dots\dots(10)$$

$$X_{01} = X_1 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 X_2 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 X_3 \dots\dots\dots(11)$$

二次回路、一次回路 第 80 圖
= 直ス

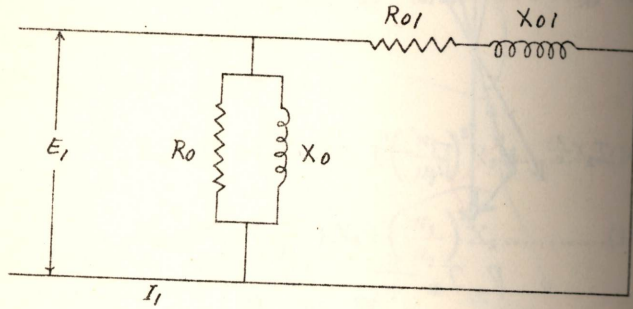


第 81 圖



$$E_1 = Z_{01} I_1 + E_2 \frac{n_1}{n_2}$$

第 82 圖



三八、無負荷實驗、

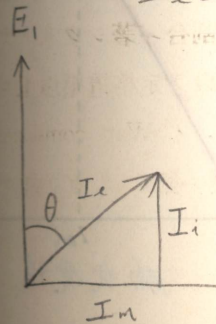
第 83 圖ニ於テ變壓器ノ低壓側ガ交流電源ニ接続セラレ、高壓側ハ開カレタルママナリトス、低壓側ヘノ供給電壓ヲ變ズルタメニハ單捲變壓器(後説)ノ如キモノヲ使用スレバ可ナリ、A, V, W ハ失々電流計、電壓計、電力計ナリ、電力計ニヨリ示サルル電力ハ無負荷損失ナルガ殆ド總テ心損ナリト見テ可ナリ、即チ此ノ實驗ニヨリ心損ヲ求ムルコトヲ得、Hysteresis 損失ハ電壓ノ 1.6 乗ニ比例シ渦流損失ハ電壓ノ二乗ニ比例スルヲ以テ心損ハ電壓ノ約二乗ニ比例スルモノト見テ可ナリ、第 84 圖ニ示セル如ク定格電壓ヨリ僅カニ電壓ヲ高ムルタメ心損増加ノ割合ハ著シク大トナルベシ、心損ノ増大ハ結局溫度上昇トナルヲ以テ定格電壓以上ニ電壓ヲ高ムルコトハ注意ヲ要ス、勵磁電流 I_e ノ Watt component 即チ Iron-loss current ヲ I_i トシ I_e ガ電壓ニ對シ θ ダケ遅レルモノトスレバ I_i 竝磁化電流 I_{qm} ハ夫々

$$I_i = I_e \cos \theta$$

二次側 open
 一次側 = 電圧 E_1 に対し E_2 ヲ計ル
 又一次側, loss \rightarrow wattmeter \rightarrow 計ル

$$I_e = E_1 \dot{Y} = E_1 \dot{Y}'$$

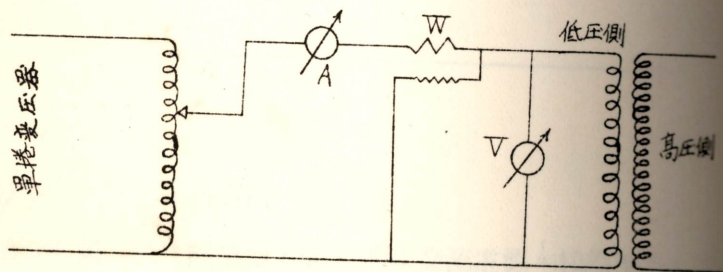
$$I_e \propto E_1$$



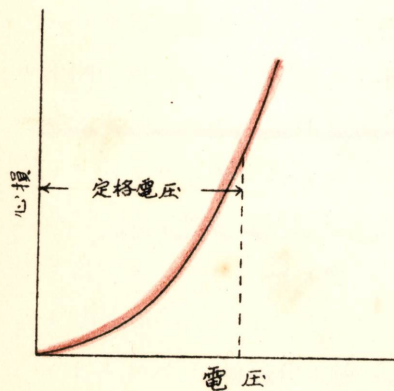
$$I_0 = I_e \sin \theta$$

普通ニハ $I_0 = I_e$ ト見テ可ナリ、第 85 圖ハ磁化電流ト電壓トノ關係ナリ、定格電壓ヨリ更ニ電壓ヲ高メントスレバ飽和ノタメ大ナル磁化電流ヲ要スルコトナルベシ、

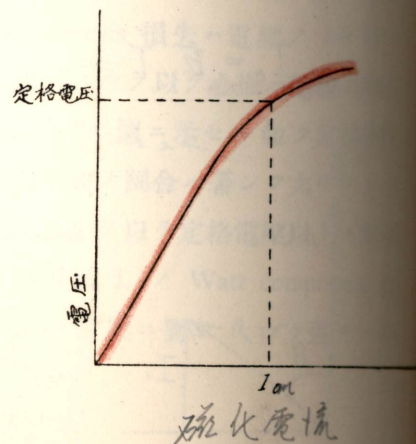
第 83 圖



第 84 圖



第 85 圖



$$\theta = 90^\circ = \frac{1}{2} \text{ 秒 } \rightarrow I_0 = I_e$$