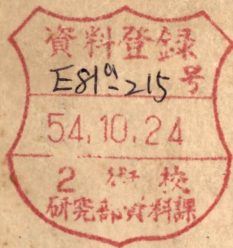


交流電氣工學教科書

海軍機關學校

第三、四學年

昭和十一年四月



海軍機關學校長 兼 田 市 郎

昭和十一年四月

本書ニ依リ交流電氣工學ヲ修得スヘシ

第一版 昭和十一年四月

海軍教授 辻

藤 吉 編

纂

沿 革

本書は海軍省海軍教育課海軍史部編輯

昭和十一年四月一日 海軍省編輯 辻 藤 吉 編

海軍省編輯 辻 藤 吉 編

海軍省編輯 辻 藤 吉 編

交流電氣工學

目次

	頁
第一章 交流理論·····	I
一、交番起電力及交流ノ平均値·····	1
二、實効値·····	2
三、同一周波數ノ起電力及電流ノ合成·····	5
四、「ベクトル」表示·····	7
五、誘導起電力·····	8
六、「アンペア」回數·····	13
七、「インダクタンス」ニヨル誘導起電力·····	14
八、抵抗ノミノ回路·····	17
九、「インダクタンス」ノミノ回路·····	19
一〇、蓄電器回路·····	22
一一、抵抗ト「インダクタンス」トヲ有スル回路·····	24
一二、抵抗又ハ「インダクタンス」ノ増減ニ伴フ電流ノ 變化·····	26
一三、表皮作用·····	28
一四、「インダクタンス」抵抗及蓄電器ヲ有スル回路·····	30
一五、直列回路ニ於ケル電氣共振·····	32
一六、「アドミッタンス」、「コンダクタンス」及「サツセ ブタンス」·····	35

一七、	「ベクトル」ノ記號式表示	35
一八、	直列回路	42
一九、	並列回路	45
二〇、	並列回路ニ於ケル共振	48
二一、	單相式電力	53
二二、	多相式	55
二三、	各種結線ニ於ケル電壓電流	60
二四、	廻轉磁界	73
二五、	多相式電力	79
二六、	多相式電力測定	82
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	95
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	105
二九、	交流ニ於ケル高周波	111
三〇、	高周波電壓ト電流トノ關係	118
三一、	高周波電壓及電流ノ實効値	120
三二、	高周波電壓, 電流ニヨル電力	121
三三、	等價正弦波	122
三四、	交流用測定計器	123
第二章	變壓器	132
三五、	變壓器	132
三六、	一次及二次電壓, 電流	133
三七、	等價回路	138

三八、	無負荷實驗	142
三九、	短絡實驗	144
四〇、	電壓變動率	145
四一、	能率	146
四二、	單相變壓器ヲ並列ニ入レルルコト	147
四三、	單捲變壓器	149
四四、	計器用變壓器	149
四五、	三相式變壓器	150
四六、	△ 連結變壓器	151
四七、	T 連結變壓器	152
四八、	不變電流變壓器	153
四九、	變壓器ノ型式及冷却法	154
第三章	交流發電機	157
五〇、	交流發電機ノ機構大要	157
五一、	發電子捲線	158
五二、	發電子導體ニ於ケル誘導起電力	158
五三、	誘導子型交流發電機	161
五四、	發電子反作用	163
五五、	交流發電機ノ電壓變動率	166
五六、	電壓ノ調整	171
五七、	交流發電機ノ溫度上昇	174
五八、	交流發電機ノ負荷耐量	175
五九、	交流發電機ノ能率	176
六〇、	交流發電機ノ並行運轉	177

六一、	同期化電流	181
六二、	並行交流發電機負荷分擔	184
第四章 交流電動機		187
六三、	同期電動機ノ原理	187
六四、	同期電動機電流	190
六五、	同期電動機 O 曲線	193
六六、	同期電動機勵磁強弱影響並 V 曲線	195
六七、	制動捲線	201
六八、	同期電動機ノ起動	202
六九、	力率改善及電壓調整作用	203
七〇、	多相誘導電動機	206
七一、	誘導電動機ノ廻轉力	210
七二、	多相誘導電動機ノ起動方法	215
七三、	誘導電動機ノ圓線圖	218
七四、	多相誘導電動機ノ速度調整	223
七五、	誘導發電機	227
七六、	單相誘導電動機	227
七七、	反撥電動機	230
第五章 變流機		133
七八、	變流裝置	133

附 錄

交流電氣工學問題

目 次

(一)	交流理論ニ關スル問題	1
(二)	變壓器ニ關スル問題	9
(三)	交流發電機ニ關スル問題	11
(四)	誘導電機ニ關スル問題	14
(五)	變流機ニ關スル問題	18

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\cos \beta - \cos \alpha = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\sin(A+B) = \sin A \cos B + \cos A \sin B$$

$$\cos(A+B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B$$

$$\sin(A-B) = \sin A \cos B - \cos A \sin B$$

$$\cos(A-B) = \cos A \cos B + \sin A \sin B$$

$$\sin(180^\circ - \theta) = \sin \theta$$

$$\cos(180^\circ - \theta) = -\cos \theta$$

$$\tan(180^\circ - \theta) = -\tan \theta$$

交流電氣工學

第一章

交流理論

一、交番起電力及交流ノ平均値、

本章ニ論ズル所ノ交番電流即チ交流及交番起電力ハ其ノ瞬時値
Alternating current Alternating E.M.F.
 ガ時間ノ正弦函數トシテ表ハサル所ノモノナリ、電流ノ瞬時値
 ヲ i トシ、最大値ヲ I_m トシ、時間ヲ t トシ、週期ヲ T トシ、周波
 數ヲ f トスレバ

$$i = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t = I_m \sin 2\pi f t$$

$$= I_m \sin \omega t$$

但シ

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

半週期ニ於テ i ノ平均値ヲ I_{av} トスレバ

$$I_{av} = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} i dt = \frac{I_m}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \sin \omega t dt.$$

average

$$= \frac{2}{\pi} I_m.$$

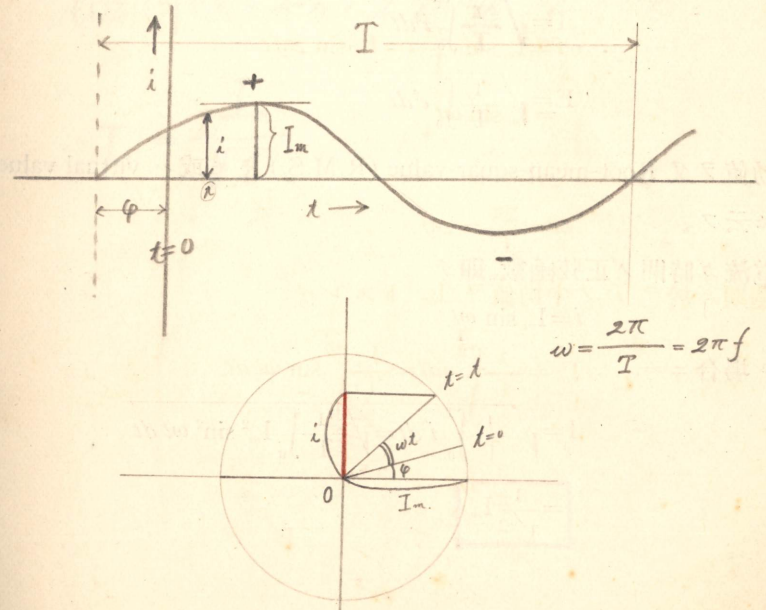
i 電流ノ瞬時値
 I_m 電流ノ最大値
 t 時間
 T 週期
 f 周波數

$$f = \frac{1}{T}$$

$$i = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \phi\right)$$

$$= I_m \sin(\omega t + \phi)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$



$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

即チ

$$\frac{I_{av}}{I_m} = \frac{2}{\pi} = 0.637.$$

起電力ノ瞬時値、最大値及平均値ヲ夫々 e , E_m 及 E_{av} トスレバ
電流ノ場合ト同様ニ

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

$$E_{av} = \frac{2}{\pi} E_m$$

$$\frac{E_{av}}{E_m} = \frac{2}{\pi} = 0.637.$$

二、實効値、

電流又ハ起電力ノ瞬時値ノ平方ノ平均値ノ平方根ヲ夫々電流又
ハ起電力ノ實効値ト云フ、

Effective value

電流及起電力ノ實効値ヲ夫々 I 及 E ヲ以テ示セバ

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

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

實効値ヲ又 Root-mean-square-value (R.M.S.) トモ或ハ virtual value
トモ云フ、

電流ガ時間ノ正弦函數、即チ

$$i = I_m \sin \omega t$$

ナル場合ニハ

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} I_m$$

$$I_{av} = \frac{1}{\frac{T}{2}} \int_0^{\frac{T}{2}} i dt = \frac{I_m}{\frac{T}{2}} \int_0^{\frac{T}{2}} \sin \omega t dt.$$

$$e = E_m \sin(\omega t + \theta)$$

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

瞬時値、平方、平均値、平方根

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

即チ

$$\textcircled{\bullet} I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$$

$$I_m = \sqrt{2} I = 1.414 I$$

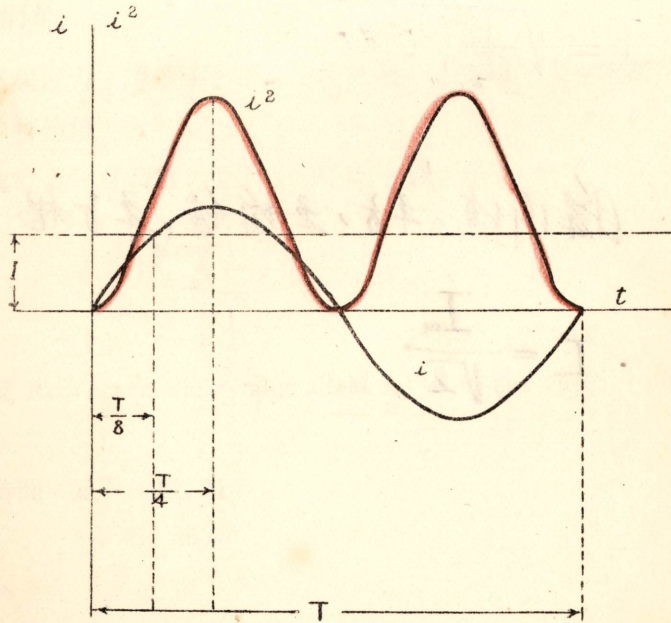
又

$$\frac{I_{av}}{I} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} = 0.9$$

第 1 圖ハ i ガ t ノ正弦函數ナル場合ノ i ト i^2 トノ曲線ヲ示セルモノナリ、

起電力 e ガ時間ノ正弦函數ナル場合ニハ電流ノ場合ト同様ニ

第 1 圖



$$\underline{I = 0.707 I_m}$$

◎ i^2 快 \rightarrow 負 $= +n\pi + \pi$
 從 \rightarrow 平均値 $\dots 0 = +\pi$

$$i^2 = \frac{I_m^2}{2} (1 - \cos 2\omega t)$$

$$= \frac{I_m^2}{2} - \frac{I_m^2}{2} \cos 2\omega t$$

2倍ノ周波數ヲ有ス

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707 E_m$$

$$E_m = \sqrt{2} E = 1.414 E$$

$$\frac{E_{av}}{E} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} = 0.9$$

或導線ノ抵抗 R ohms, 電流 i amperes ナルトキ dt 秒時間ノ
發生熱量ハ

$$Ri^2 dt \text{ joules}$$

T 秒時間ニツキ熱發生ノ時間ニ對スル割合ノ平均値ハ

$$\frac{1}{T} \int_0^T Ri^2 dt$$

i ヲ正弦的ノモノトスレバ

$$\begin{aligned} \frac{1}{T} \int_0^T Ri^2 dt &= \frac{1}{T} \int_0^T RI_m^2 \sin^2 \omega t dt \\ &= \frac{1}{2} RI_m^2 = R \left(\frac{I_m}{\sqrt{2}} \right)^2 \\ &= RI^2 \text{ w} \end{aligned}$$

此ノ場合 i ニヨル熱發生ノ割合ノ平均値ハ

$$\frac{I_m}{\sqrt{2}} = I$$

ニ等シキ直流ニヨルモノト相等シ、即チ熱發生ノ割合即チ電力
ニツキテ考フレバ實効値 I amperes ノ電流ニヨルモノト直流
 I amperes ニヨルモノト相等シ、

是瞬時値ノ自乗ノ平均値ノ平方根ヲ其實効値ト稱スル所以ナ
リ、

交流ニ於テ電壓計、電流計ノ指示セル値ハ實効値ナリ、通常幾何
volt, 幾何 amperes ト稱スルハ實効値ニシテ或瞬時ニハ其ノ最大

値ニ相當スルモノ、例ヘバ正弦的ノモノニ就キ云ヘバ或瞬時ニハ計器指示ノ値ノ 1.414 倍 ノモノガ實存スルコトハ留意スベキ事ナリ、

實効値ト平均値トノ比ヲ波形率ト云ヒ、最大值ト實効値トノ比ヲ波高率ト云フ、正弦波ノ場合ハ

$$\text{波形率} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{\pi}{2} = 1.112$$

$$\text{波高率} = \sqrt{2} = 1.414$$

次表數種ノ波形ニツキテ見ルニ波形率ハ畧 1 ニ近ク扁平ナル波ハ小ニシテ尖鋭ナルモノハ大ナリ、

波 形	波形率 = $\frac{\text{實効値}}{\text{平均値}}$	波高率 = $\frac{\text{最大值}}{\text{實効値}}$
正 弦 波	1.112	1.414
三 角 波	1.155	1.732
矩 形 波	1	1
拋物線形波	1.096	1.370

三、同一周波數ノ起電力及電流ノ合成、

e_1, e_2 フ同一ノ周波數ノ二ツノ起電力ノ瞬時値トス、其ノ位相ノ差即チ相差ヲ φ' トシ e_2 ガ e_1 ニ對シ進メルモノトスレバ是等ノ起電力ハ次ノ式ニテ表ハサル、

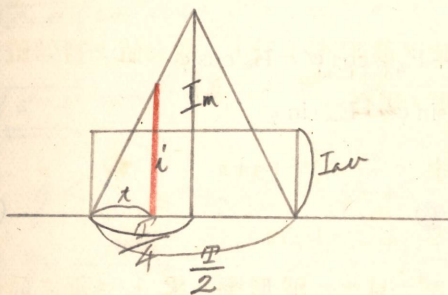
$$e_1 = E_{1,m} \sin \omega t$$

$$e_2 = E_{2,m} \sin (\omega t + \varphi')$$

合成起電力ヲ e トスレバ

$$e = e_1 + e_2$$

◎ 瞬間電流、實効値、1.414 倍



$$\frac{i}{I_m} = \frac{t}{\frac{T}{4}} \quad \therefore i = \frac{4}{T} I_m t$$

$$\begin{aligned} I^2 &= \frac{1}{\frac{T}{4}} \int_0^{\frac{T}{4}} i^2 dt = \frac{4}{T} \times \left(\frac{4}{T} I_m\right)^2 \int_0^{\frac{T}{4}} t^2 dt \\ &= \frac{64}{T^3} I_m^2 \times \left[\frac{t^3}{3}\right]_0^{\frac{T}{4}} \\ &= \frac{64}{T^3} I_m^2 \times \frac{\left(\frac{T}{4}\right)^3}{3} = \frac{I_m^2}{3} \end{aligned}$$

$$\therefore I = \frac{I_m}{\sqrt{3}} = \frac{I_m}{1.732}$$

$$\begin{aligned} \text{又 } I_{av} &= \frac{1}{\frac{T}{4}} \int_0^{\frac{T}{4}} i dt = \frac{4}{T} \times \frac{4 I_m}{T} \int_0^{\frac{T}{4}} t dt \\ &= \frac{16}{T^2} I_m \left[\frac{t^2}{2}\right]_0^{\frac{T}{4}} = \frac{1}{2} I_m \end{aligned}$$

$$\therefore \text{波形率} = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} I_m}{\frac{1}{2} I_m} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.155$$

$$\text{波高率} = \frac{I_m}{\frac{1}{\sqrt{3}} I_m} = \sqrt{3} = 1.732$$

$$= E_{1,m} \sin \omega t + E_{2,m} \sin (\omega t + \varphi')$$

$$= (E_{1,m} + E_{2,m} \cos \varphi') \sin \omega t + E_{2,m} \sin \varphi' \cos \omega t$$

此ノ式ニ於テ

$$E_{1,m} + E_{2,m} \cos \varphi' = E_m \cos \varphi$$

$$E_{2,m} \sin \varphi' = E_m \sin \varphi$$

ト置ケバ

$$e = E_m \sin (\omega t + \varphi) \dots \dots \dots (1)$$

但シ前掲ノ兩式ヨリ

$$E_m = \sqrt{E_{1,m}^2 + E_{2,m}^2 + 2E_{1,m}E_{2,m} \cos \varphi'} \dots \dots \dots (2)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{E_{2,m} \sin \varphi'}{E_{1,m} + E_{2,m} \cos \varphi'} \dots \dots \dots (3)$$

故ニ e_1, e_2 ガ同一ノ周波數ノ正弦波ナル場合ニ其ノ和ナル起電力 e ハ亦同一ノ周波數ノ正弦波ヲ成スモノニシテ其ノ最大値ハ (2) ニヨリテ與ヘラレ e_1 ニ對シ (3) ニテ與ヘラレタル角 φ ダケ進メルモノナリ、依ツテ上述ノ方法ヲ續行スルトキ次ノ結論ヲ得ベシ、即チ同一ノ周波數ノ正弦波ノ數多ノ起電力ノ合成起電力ハ亦同一ノ周波數ノ正弦波ナリ、

同様ニシテ同一ノ周波數ノ正弦波ノ電流 i_1, i_2 ノ合成電流ヲイトスレバ

$$i_1 = I_{1,m} \sin \omega t$$

$$i_2 = I_{2,m} \sin (\omega t + \varphi')$$

$$i = I_m \sin (\omega t + \varphi) \dots \dots \dots (1')$$

$$I_m = \sqrt{I_{1,m}^2 + I_{2,m}^2 + 2I_{1,m}I_{2,m} \cos \varphi'} \dots \dots \dots (2')$$

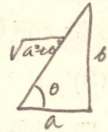
$$\varphi = \tan^{-1} \frac{I_{2,m} \sin \varphi'}{I_{1,m} + I_{2,m} \cos \varphi'} \dots \dots \dots (3')$$

$$\textcircled{0} a \sin \omega t + b \cos \omega t = C \sin (\omega t + \theta)$$

$$\sqrt{a^2 + b^2} \left(\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \sin \omega t + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cos \omega t \right)$$

$$= \sqrt{a^2 + b^2} (\cos \theta \sin \omega t + \sin \theta \cos \omega t)$$

$$= \sqrt{a^2 + b^2} \sin (\omega t + \theta)$$



$$g < 1, h < 1, g^2 + h^2 = 1$$

$$g = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \cos \theta, h = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \sin \theta$$

$$e = e_1 + e_2$$

$$= E_m \cos \varphi \sin \omega t + E_m \sin \varphi \cos \omega t$$

$$= E_m \sin (\omega t + \varphi)$$

$$E_m = \sqrt{(E_{1,m} + E_{2,m} \cos \varphi')^2 + (E_{2,m} \sin \varphi')^2}$$

$$= \sqrt{E_{1,m}^2 + E_{2,m}^2 + 2E_{1,m}E_{2,m} \cos \varphi'}$$

故ニ同一ノ周波數ノ正弦波ノ二ツノ電流 i_1, i_2 ノ合成電流 i ハ亦同一ノ周波數ノ正弦波ニシテ其ノ最大値ハ (2)' ニテ與ヘラレ位相即チ相ハ (3)' ニテ與ヘラル、從テ起電力ノ場合ト同様ニ次ノ結論ヲ得ヘシ、即チ同一周波數ノ數多ノ正弦波ノ電流ノ合成電流ハ同一ノ周波數ノ正弦波ナリ、

四、「ベクトル」表示、

正弦波ノ起電力又ハ電流ハ「ベクトル」ニヨリテ表サル、第2圖ニ於テ OP_1 ハ反時計式ニ角速度 ω ヲ以テ廻轉セル「ベクトル」ニシテ起電力

$$e_1 = E_{1,m} \sin \omega t$$

ヲ表ハス、 t ガ零ナル時刻ニ OP_1 ハ OA 上ニアリ、 e_1 ノ最大値 $E_{1,m}$ ハ OP_1 ノ長サニヨリ表ハサレ、 OA ニ直角ナル直徑 BB' 上ニ OP_1 ノ正射影 OQ_1 ハ起電力ノ瞬時値 e_1 ノ大サ並ニ向キヲ與フ、即チ

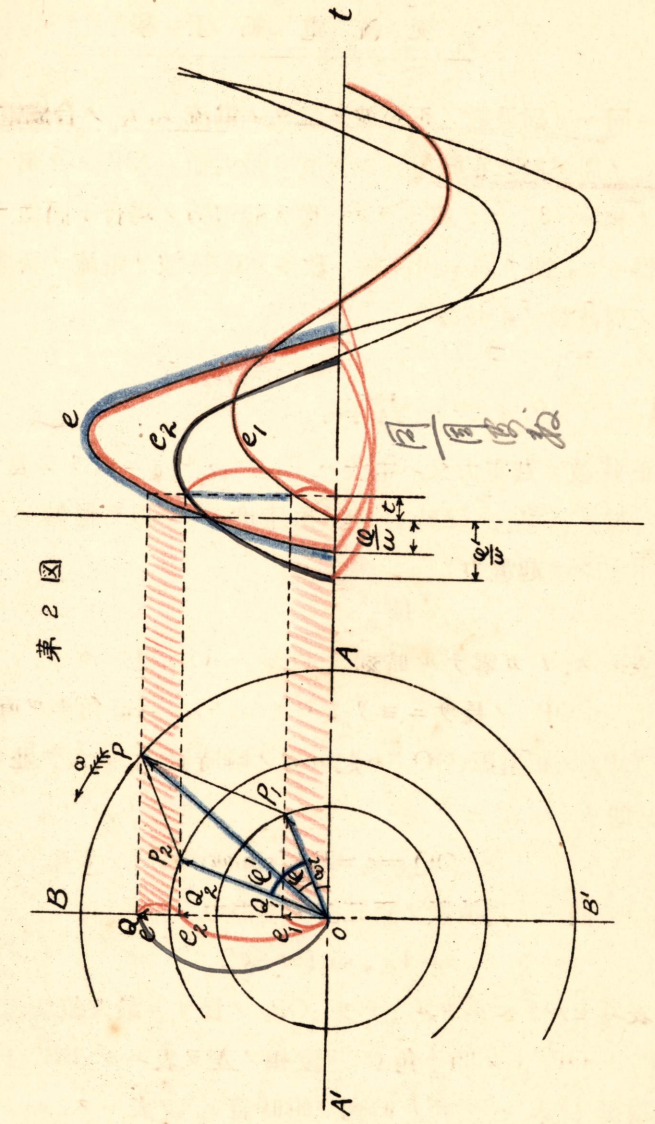
$$OQ_1 = e_1 = E_{1,m} \sin \omega t$$

OP_2 ハ同一ノ周波數ノ正弦波ノ起電力

$$e_2 = E_{2,m} \sin (\omega t + \phi')$$

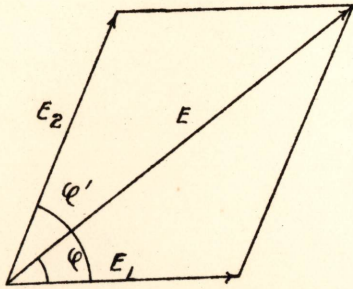
ヲ表ハセル「ベクトル」ナリ、 OP_2 ノ長サハ最大値 $E_{2,m}$ ヲ表ハシ、 OP_2 ト OP_1 トノ間ノ角 ϕ' ハ位相ノ差ヲ表ハシ BB' 上ニ OP_2 ノ正射影 OQ_2 ハ t ナル時刻ノ瞬時値 e_2 ヲ表ハス、 e_1 ト e_2 トノ合成起電力ノ瞬時値 e ハ OQ_1 ト OQ_2 トノ代數和 OQ ナリ、 OP_1 ト OP_2 トヨリ成レル平行四邊形ノ對角線ヲ OP トス、 OP_1, OP_2 ノ長サ並ニ其ノ間ノ角 ϕ' ハ一定ナルヲ以テ其ノ對角線 OP ノ長サ一定ニシテ OP_1, OP_2 ト同ジク角速度 ω ヲ以テ反時計式廻轉ヲ

φ → e₂ = e₁ sin(ωt + φ) 進み遅れ



第2圖

第 3 圖
(第 2 圖 參照)



ナス、從テ OP ノ BB' 上へ
ノ正射影 OQ ハ次式ニテ
表ハサル、

$$OQ = e = E_m \sin(\omega t + \varphi)$$

但シ E_m ハ OP ノ大サニ
シテ φ ハ OP₁ ト OP トノ
間ノ角ナリ、即チ e ハ e_1, e_2
ト同一ノ週期ヲ有スル正弦
波ナリ、

此ノ事ハ既ニ前節ニ於テ證明セル所ト一致ス、 E_m, φ ハ前節ノ
(2), (3) ニ與ヘタルモノナルコトガ圖上ヨリ容易ニ知ラル、正弦波
ノ電流ニ就キテモ全ク同様ナリ、

同一週期ノ正弦波ノ數多ノ起電力又ハ數多ノ電流ノ合成セルモ
ノノ瞬時値ハ夫々分起電力又ハ分電流ノ瞬時値ノ代數和ニシテ其
ノ最大値ハ夫々分起電力又ハ分電流ノ最大値ノ「ベクトル」和ナ
リ、通常ハ瞬時値又ハ最大値ヨリモ實効値ヲ知ルコトガ必要ナリ、
實効値モ亦「ベクトル」ニテ示サレ、其ノ「ベクトル」圖ハ最大
値ノ「ベクトル」圖ト相似ニシテ第 3 圖ハ第 2 圖ノ場合ノ實効
値ノ「ベクトル」圖ヲ示シタルモノナリ、

五、誘導起電力、

導線ガ磁束ヲ切りツツアルトキ、又ハ線輪ヲ貫ケル磁束ニ増減
變化ガ爲サレツツアルトキ、其ノ導線、又ハ線輪ニ起電力ガ誘導セ
ラル、線輪ヲ貫ケル磁束ヲ Φ トシ一捲ノ線輪ニ誘導セラレル起電
力ヲ e トスレバ

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

負ノ符號ヲ附シタルハ線輪ヲ或向キニ貫ケル磁束ガ増加シツツアルトキ、是ニヨリテ誘導セララル起電力ハ其ノ線輪導線ニ此ノ増加ヲ妨ゲントスル誘導電流ヲ生ゼシメントスルガ如キ向キノモノナルコト、又若シ磁束ガ減ジツツアルトキハ其ノ減少ヲ妨ゲントスル誘導電流ヲ生ゼシメントスルガ如キ向キノモノナルコト、即チ逆起電力ナルコトヲ示スモノニシテ、 $\Delta\Phi$ ガ増加即チ正ナレバ e ハ負、 $\Delta\Phi$ ガ減少即チ負ナレバ e ハ正ナルコトヲ示スモノナリ、

線輪ノ捲數ヲ n トシ、之ヲ貫ケル磁束ヲ Φ トスレバ各捲毎ニ上式ノ起電力ヲ生ジ線輪全體ノ兩端間ノ起電力ハ

$$e = -n \frac{d\Phi}{dt}$$

$$= -\frac{dn\Phi}{dt} \dots\dots\dots(2)$$

トナル、 $n\Phi$ ヲ磁束鎖交數ト云フ、即チ誘導起電力ノ大サハ磁束鎖交數ノ時間ニ對シテ變ズル割合ナリト云フコトヲ得、

Φ ノ變化ガ時間ノ正弦函數ニ從フトキ、即チ

$$\Phi = \Phi_m \sin \omega t \quad \text{但シ } \Phi_m \text{ハ } \Phi \text{ノ最大値ナリ、}$$

ナル場合ハ

$$e = -n \frac{d\Phi}{dt}$$

$$= -n\omega \Phi_m \cos \omega t$$

$$e = n\omega \Phi_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

$$= E_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \dots\dots\dots(3)$$

Faraday, 法則

「導体、含ム磁力線、數ニ増減アル時ハ、導体、起電力ヲ誘導スルモノナリ。」

$$e = -\frac{d\Phi}{dt}$$

逆起電力ナルヲ示ス。

$$e = \frac{-n d\Phi}{dt}$$

$$= -\frac{dn\Phi}{dt}$$

$n\Phi \rightarrow$ 磁束鎖交數

但し $E_m = n\omega\Phi_m$

E_m ヲ Volts ニテ示セバ

$E_m = n\omega\Phi_m \times 10^{-8} \text{ v} \dots\dots\dots(4)$

(3) ニヨリテ知ラルル如ク e ハ Φ ト同一周波數ノ正弦的ノモノニシテ Φ ニ對シ 90° 遅ル、其ノ最大值ハ (4) ニ與ヘラル、第 4 圖ハ「ベクトル」圖竝瞬時値關係ヲ示セルモノナリ、 e ノ實効値ヲ E トスレバ

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

$$= \sqrt{2} \pi f n \Phi_m 10^{-8} \text{ v}$$

$$= 4.44 f n \Phi_m 10^{-8} \text{ v}$$

導體ノ數ヲ n' トスレバ一捲ハ二本ノ導體ヲ連結シテ成ルヲ以テ

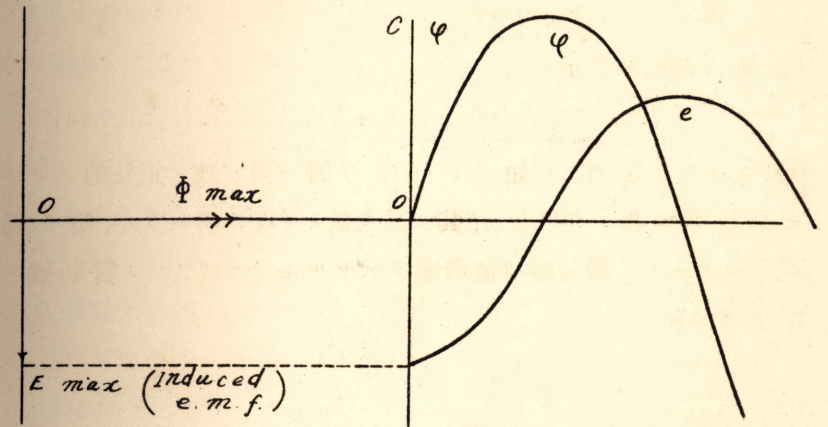
$E = 2.22 f n' \Phi_m 10^{-8} \text{ v}$

第 5 圖ニ示セル如ク二個ノ導體 A_1A_1' ト A_2A_2' トヨリ成レル一ツノ線輪アリテ其ノ軸 OO' ヲ廻轉軸トシ一様ナル磁場ニ於テ廻轉セリ、磁場ノ方向 NS ハ鉛直ニ下ヨリ上ニ向ヘルモノトシ導體 A_1A_1' 、 A_2A_2' ハ恒ニ水平ニアルモノトス、線輪ノ廻轉ハ左廻ニシテ其ノ角速度ヲ ω トス、線輪ガ水平ニアルトキ導體ハ磁力線ニ平行ニ動キ磁力線ヲ切ラズ、從テ此ノトキ誘導起電力ハ零ナリ、併シ線輪 A_1A_2 ヲ貫スル、磁束ハ此ノトキ最大ナリ、

導體ガ OO' ヲ通ズル水平面ノ上側ニアル間ハ \oplus 、下側ニアル間ハ \ominus ノ向キノ起電力ヲ生ジ其ノ大サハ線輪 A_1A_2 ガ鉛直面ニアルトキ最大ナリ、何トナレバ導體、磁場ノ方向、運動方向ガ互ニ垂直ニアリテ導體ガ切ル磁束ノ時間ニ對スル割合ガ最モ大ナルヲ以テナリ、而シテ此ノトキ線輪 A_1A_2 ヲ貫ク磁束ハ零ナリ、

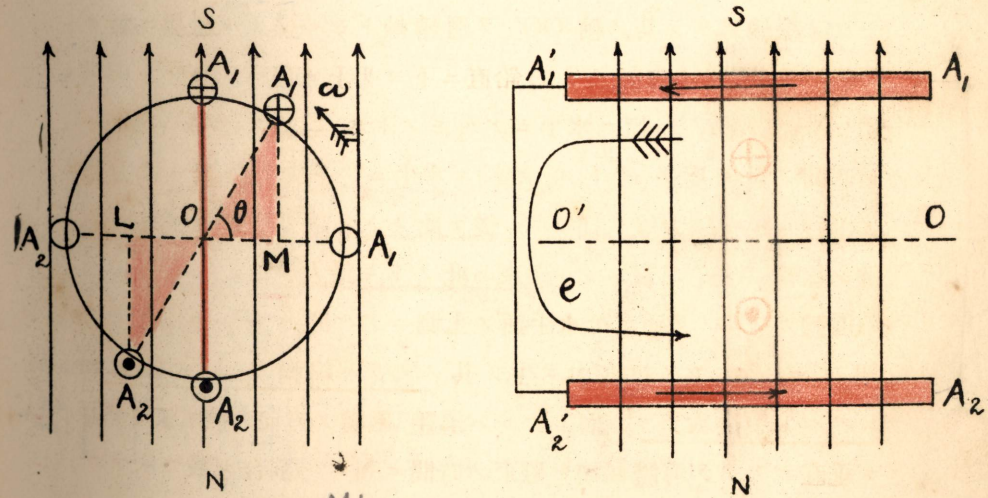
$E_m = n\omega\Phi_m \times 10^{-8} \text{ volt}$

第 4 圖



右半、左側

第 5 圖



$\frac{ML}{A_1 A_2} = \cos \theta$

諸線輪 A_1A_2 ニ於ケル誘導起電力ノ式ヲ作ルタメニハ先ヅ線輪
 ニ於ケル起電力ノ正負ノ向キト時間ヲ測ル初メノ時刻トヲ指定セ
 ザル可ラズ、例ヘバ導體 A_1A_1' ニツキテハ A_1 ヨリ A_1' ニ向フ起
 電力、即チ \oplus ノモノヲ正號ノモノトシ、導體 A_2A_2' ニツキテハ
 A_2' ヨリ A_2 ニ向フ起電力、即チ \odot ノモノヲ正號ノモノトス、又
 線輪 A_1A_2 ニ於ケル起電力 e ニツキテハ $A_1A_1'A_2'A_2$ ノ向キノ
 モノヲ正號ノモノト定ム、之ニ由テ線輪 A_1A_2 ニ於ケル起電力 e
 ハ導體 A_1A_1' 、 A_2A_2' ニ於ケル起電力ノ代數和トナルベシ、上述
 ノ如ク正號ノ向キヲ定ムレバ導體 A_1 ガ OO' ヲ通ズル水平面ノ
 上側ニアルトキ從テ導體 A_2 ガ下側ニアルトキ線輪 A_1A_2 ニ誘起
 セラルル起電力 e ハ正號ノモノナリ、時間ハ線輪 A_1A_2 ガ水平
 ニアリテ導體 A_1 ガ O ノ右側ニ、導體 A_2 ガ O ノ左側ニアル時
 ヨリ測ラルルモノトス、第 5 圖ニ於テ \longrightarrow ハ導體ニ於ケル正號
 ノ向キ \implies ハ線輪ニ於ケル正號ノ向キヲ示スモノナリ、 $t=0$ ニ
於テ線輪 $A_1'A_2$ ハ水平ニアリテ之ヲ貫スル磁束ハ最大ナリ、此ノ
 トキ磁束ガ貫スル線輪面ノ面積ヲ S トシ磁束密度ヲ B トスレバ
 線輪ヲ貫スル磁束ハ

$$\Phi_m = BS$$

t 時間ニ線輪ノ廻轉セル角度ハ $\theta = \omega t$ ニシテ此ノトキ線輪ヲ貫ス
 ル磁束ハ此ノ時ノ線輪面ノ水平面上ノ正射影 LM ヲ貫スル磁束
 ナリ、正射影ノ面積ハ $S \cos \omega t$ ナルヲ以テ此ノ時貫スル所ノ磁束
 ハ

$$\Phi = \Phi_m \cos \theta = BS \cos \omega t.$$

$$\Phi = \frac{B}{\cancel{S}} S \cos \omega t = \Phi_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

即チ Φ ハ t ノ正弦函數のモノナリ、而シテ誘導起電力ヲ e ト

$$t=0$$

$S \rightarrow$ 磁束ノ貫ル線輪面ノ面積

$B \rightarrow$ 磁束密度

$$\Phi_m = (BS)$$

t 時間ニ廻轉セル角度

$$\theta = \omega t$$

$$t = t + \pi \dots \Phi = \Phi_m \cos \theta = BS \cos \omega t$$

スレバ

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = \Phi_m \omega \sin \omega t$$

上述ノ如ク線輪 A_1A_2 フ一様ナル磁場ニ於テ廻轉スルコトニヨリ正弦的ニ變ズル所ノ起電力ヲ得タリ、上掲ノ e ノ式ハ其ノ正負ト時間ノ初メトニツキ既述ノ如ク定メタルモノニ對スル式ニシテ其ノ約束ヲ異ニスレバ式ノ形モ異ナル可シ、例ヘバ既述ノ如ク約束セル甲ニ對シ乙ハ時間ノ初メニツキテハ甲ト同一ニ約束セルモ線輪ニ於ケル誘導起電力 e ノ向キニツキ反對ノ約束、即チ A_2A_1' $A_1'A_2$ ノ向キヲ正號ノモノト定メタリトスレバ此ノ兩者ガ或時刻ノ起電力ヲ見テ甲ガ正ナリトスルトキ乙ハ之ヲ負ナリトシ、甲ガ負ナリトスルトキ乙ハ正ナリトスルヲ以テ、瞬時値ヲ畫ケル曲線ハ甲ノ畫ケルモノト乙ノ畫ケルモノトハ恒ニ横軸ノ反對ノ側ニアリ、即チ甲ノ曲線ト乙ノ曲線トハ恰モ 180° ノ相差ヲ有スルコトナル可シ、而シテ甲ノ上掲ノ e ノ式ニ對シ乙ハ

$$e = \Phi_m \omega \sin (\omega t - \pi)$$

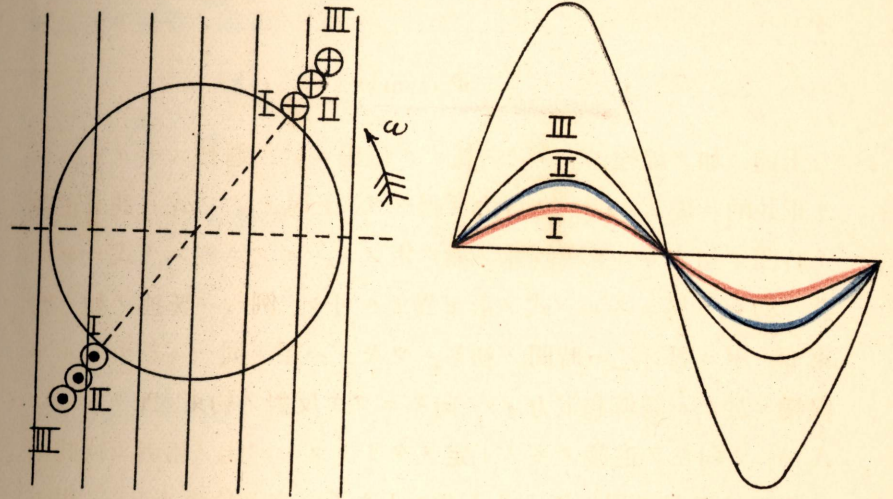
ト記スルコトトナルベシ、起電力又ハ電流ノ向キヲ逆ニスルコトハ其ノ瞬時値ノ曲線ヲ横軸ヲ廻轉軸トシテ 180° 廻轉セシムルコトニ同ジク、「ベクトル」ヲ 180° 轉セシムルコトニ同ジ、

e ノ式中ニアル角速度 ω ハ「ベクトル」廻轉ノ角速度ト解スベシ、第 5 圖ノ場合ノ如ク三極ノ發電機ニ於テハ其ノ大サハ發電機ノ廻轉子ノ角速度ニ相等シ、極數ガ多クナレバ是等兩者ハ相等シカラザルモ一定ノ關係ガ存スルモノナリ、

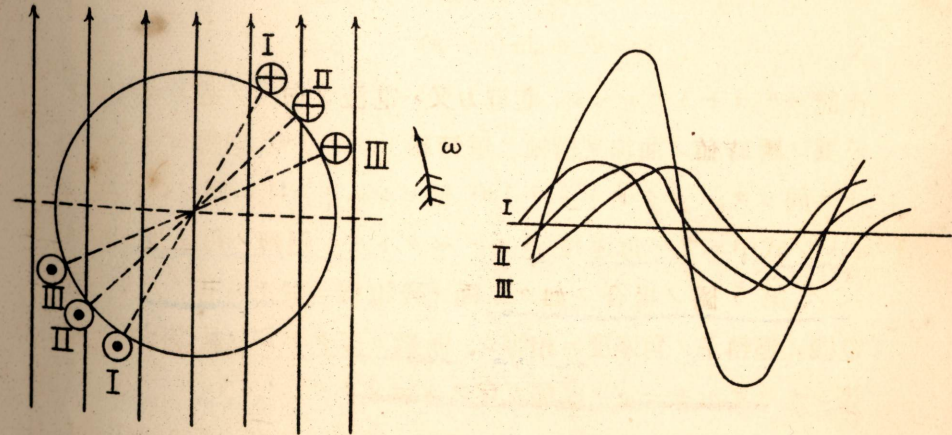
第 6 圖ハ同一平面上ニアル三個ノ捲線ノ各線ニ誘起セラルル起電力並ニ其等ノ合成起電力ヲ示スモノナリ、第 7 圖ハ回轉子ノ

第 6 圖

同相



第 7 圖



上ニ等シキ角ヲ隔テテ分布セラレタル三個ノ捲線ノ各線ニ誘起セル起電力並ニ其等ノ合成起電力ヲ示スモノナリ、

六、「アムペア」回數、

磁束 Φ ト 起磁力 ト 磁氣抵抗 R トノ關係ハ

$$\Phi = \frac{\text{M.M.F.}}{R}$$

Magnetomotive force Reluctance

線輪ノ捲數ヲ n トシ電流ヲ i トスレバ

$$\Phi = \frac{4\pi ni}{R} \rightarrow (\text{ab アムペア})$$

i ガ「アムペア」ニテ與ヘラレタルトキ

$$\Phi = \frac{4\pi ni}{R \times 10}$$

ni ハ「アムペア」回數ト稱セラルルモノニシテ i ガ正弦的ナルトキハ「アムペア」回數モ亦「ベクトル」ニテ表ハスコトヲ得ト同一ノ位相ニ置カルルモノナリ、

磁回路ノ長サ l 、其ノ横斷面積一樣ニシテ s ナリトシ、導磁率ヲ μ トスレバ

$$R = \frac{l}{\mu s}$$

從テ「アムペア」回數ハ

$$ni = \frac{10}{4\pi} \cdot \frac{\Phi l}{\mu s}$$

一般ニハ磁回路ノ各部ニツキ μ モ s モ一樣ナラザルヲ以テ

$$R = \frac{l_1}{\mu_1 s_1} + \frac{l_2}{\mu_2 s_2} + \frac{l_3}{\mu_3 s_3} + \dots$$

$$\text{磁束} = \frac{\text{起磁力}}{\text{磁氣抵抗}}$$

$$\Phi = \frac{4\pi ni}{R \times 10}$$

$ni \rightarrow$ アムペア回數

$$\text{磁氣抵抗} = \frac{\text{磁回路ノ長}}{\text{導磁率} \times \text{横斷面積}}$$

$$R = \frac{l}{\mu \times s}$$

$$ni = \frac{10\Phi}{4\pi} R = \frac{10\Phi}{4\pi} \times \frac{l}{\mu \times s}$$

故 =

$$\Phi = \frac{4\pi ni}{10 \left(\frac{l_1}{\mu_1 S_1} + \frac{l_2}{\mu_2 S_2} + \frac{l_3}{\mu_3 S_3} + \dots \right)}$$

而シテ

$$\text{「アムペア」回数 } ni = \frac{10}{4\pi} \Phi \left(\frac{l_1}{\mu_1 S_1} + \frac{l_2}{\mu_2 S_2} + \frac{l_3}{\mu_3 S_3} + \dots \right)$$

七、「インダクタンス」ニヨル誘導起電力、

n 捲ノ線輪ヲ貫ケル磁束ヲ Φ , 磁氣抵抗ヲ R , 電流ヲ i 「アムペア」トスレバ

$$\Phi = \frac{4\pi ni}{R \times 10}$$

Φ ノ増減變化ノタメ線輪ニ誘導サルル起電力ヲ e トスレバ

$$\begin{aligned} e &= -n \frac{d\Phi}{dt} \times 10^{-8} \\ &= - \left(\frac{4\pi n^2}{R \times 10^9} \right) \frac{di}{dt} \\ &= -L \frac{di}{dt} \text{ (V)} \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

L ハ自己誘導係數トモ稱セラレ、又ハ單ニ自己「インダクタンス」
Coefficient of Self-Induction
トモ稱セラルルモノニシテ

$$L = \frac{4\pi n^2}{R \times 10^9} \dots \dots \dots (2)$$

$$= \frac{n\Phi}{i \times 10^8} \dots \dots \dots (3)$$

$$= \frac{e}{\frac{di}{dt}} \text{ (H)} \dots \dots \dots (4)$$

$$\begin{aligned} e &= -n \frac{d\Phi}{dt} \times 10^{-8} \\ &= - \left(\frac{4\pi n^2}{R \times 10^9} \right) \frac{di}{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{4\pi n^2}{R \times 10^9} \rightarrow \text{自己誘導係數} \\ &= \frac{4\pi n i \times n}{R \times 10 \times 10^8 \times i} = \frac{\Phi \times n}{i \times 10^8} \\ &= \frac{e}{\frac{di}{dt}} \text{ (亨利)} \end{aligned}$$

L Inductance

上掲ノ式ニテ知ラルル如ク自己「インダクタンス」ハ捲數ノ平方ニ比例ス、又1「アムペア」ノ電流ニヨリテ生ズル磁束鎖交數ガ 10^8 ナルトキ其ノ線輪ノ自己「インダクタンス」ハ1Hナリト云フコトヲ得、又電流ガ毎秒1「アムペア」ノ割合ニテ變ジ其ノ誘導起電力ガ1Vナルトキノ自己「インダクタンス」ハ1Hナリトモ云フコトヲ得ベシ、

電流 i が正弦的變化ヲナストキ、即チ

$$i = I_m \sin \omega t$$

此ノ場合

$$\begin{aligned} e &= -L \frac{di}{dt} \\ &= -L \omega I_m \cos \omega t \\ &= L \omega I_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \end{aligned}$$

即チ

$$e = E_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \dots \dots \dots (5)$$

但シ

$$E_m = L \omega I_m$$

實効値ニツキテハ

$$E = L \omega I = 2\pi f L I \dots \dots \dots (6)$$

即チ此ノ場合ノ誘導起電力ハ電流ト同一周波數ノ正弦的ノモノニシテ位相ハ電流ニ對シ 90° 遅レ、實効値ハ(6)ニテ與ヘラルベシ、

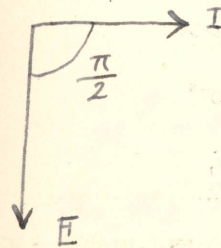
二ツノ捲線 A, B ガ極メテ密接シテ置カレタリトス、夫々ノ捲數ヲ n_1, n_2 トス、A ニ電流 i_1 ガ存在シ、B ハ其ノ回路開キタルママナリトス、 i_1 ニ基ク磁束ノ A ノ n_1 捲ヲ貫ケルモノハ全ク同様ニ B ノ n_2 捲ヲ貫ケルモノトス、是ニ由テ兩線輪ニハ同一ノ向

ヘンリ

$$E = L \omega I$$

$$\omega = 2\pi f$$

誘導起電力、電流ニ對シ 90° 遅ル。



キノ起電力が誘導セラレ、 i_1 が増加シツツアリスレバ A ニ於ケル誘導起電力ハ其ノ i_1 ノ増加ヲ妨ケントスルガ如キ向キノモノ、從ツテ B ニツキテ云ヘバ B ノ回路ヲ閉ヂタル場合其ノ誘導起電力ニヨリ流サルル電流ノ向キハ A ニ於ケル i_1 ノ向キトハ反對ノモノナリ、是ガ爲メ B ノ回路ヲ閉ヂタル場合兩線輪ノ合成「アムペア」回数ハ A 單獨ノ「アムペア」回数ヨリ小トナリ、A ノ同一ノ電流 i_1 ニ對シ A 單獨存在ノ場合ヨリモ磁束ハ小トナル、回路ノ閉ヂラレタル B ノ存在ニヨリテ恰モ A ノ自己「インダクタンス」ガ減ゼラレタルガ如キモノトナルベシ、此ノ兩線輪ノ作用ハ相互「インダクタンス」ト名ケラルルモノナリ、

A ヲ貫ク磁束ヲ Φ_1 トスレバ

$$\Phi_1 = \frac{4\pi n_1 i_1}{R \times 10^9}$$

是ガタメノ B ノ磁束鎖交數ハ

$$n_2 \Phi_1 = \frac{4\pi n_1 n_2 i_1}{R \times 10^9} \dots \dots \dots (7)$$

B ニ於ケル誘導起電力ヲ e_2 トスレバ

$$\begin{aligned} e_2 &= -n_2 \frac{d\Phi_1}{dt} \times 10^{-8} \\ &= -\frac{4\pi n_1 n_2}{R \times 10^9} \frac{di_1}{dt} \\ &= -M \frac{di_1}{dt} \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

M ハ相互「インダクタンス」ニシテ

$$M = \frac{4\pi n_1 n_2}{R \times 10^9} H \dots \dots \dots (9)$$

同様ニシテ B ニ電流 i_2 ガアルトキ A ニ於ケル誘導起電力 e_1

$L \dots n^2 = e \text{ 例} \times$
 $M \dots n_1, n_2 \text{ 積} = e \text{ 例} \times$
 $\therefore n_1 = n_2 \text{ 時} \dots L = M$

$$e_1 = -\frac{4\pi n_1 n_2}{R \times 10^9} \frac{di_2}{dt}$$

$$= -M \frac{di_2}{dt} \quad \text{⑧'}$$

上掲ノ關係ニヨリ M ハ次ノ如キモノト考フルコトヲ得、

$$M = \frac{4\pi n_1 n_2}{R \times 10^9}$$

$$= \frac{n_1 \Phi_2}{i_2 \times 10^8} = \frac{n_2 \Phi_1}{i_1 \times 10^8}$$

$$= \frac{e_1}{\frac{di_2}{dt}} = \frac{e_2}{\frac{di_1}{dt}} \dots \dots \dots (10)$$

上述セル場合即チ一線輪ノ電流ニ基キテ其ノ線輪ノ n_1 捲ヲ貫ケル磁束ガ全く同様ニ他線輪ノ n_2 捲ヲ貫ク如キ關係ニ置カレタルニツノ線輪ニツキ

$$L_1 = \frac{4\pi n_1^2}{R \times 10^9}$$

$$L_2 = \frac{4\pi n_2^2}{R \times 10^9}$$

$$L_1 L_2 = \left(\frac{4\pi n_1 n_2}{R \times 10^9} \right)^2$$

$$= M^2$$

故ニ

$$M = \sqrt{L_1 L_2}$$

八、抵抗ノミノ回路、

回路ハ抵抗ノミヲ有スルモノトシ其ノ低抗ヲ R トス、此ノ回路ニ於テ熱發生ノタメ dt 時間中ニ消費サルル「エネルギー」ハ $Ri^2 dt$ ナリ、而シテ此ノ時間中ニ電源ヨリ供給サルル「エネルギー」ハ $e i dt$ ナリ、

⑧'ヨリ

$$E = M \omega I_1 = M 2\pi f I_1$$

$$= M \omega I_2 = M 2\pi f I_2$$

$$\underline{L_1 L_2 = M^2}$$

一般ニ

$$M = k \sqrt{L_1 L_2}$$

$$(k \leq 1)$$

故ニ

$$e i dt = Ri^2 dt$$

是ニ由テ

$$e = Ri \dots\dots\dots(1)$$

若シモ電流ガ正弦的ノモノ、即チ

$$\begin{aligned} i &= I_m \sin \omega t \\ &= \sqrt{2} I \sin \omega t \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

ナリトスレバ (1) 式ヨリ

$$e = RI_m \sin \omega t$$

即チ

$$\begin{aligned} e &= E_m \sin \omega t \\ &= \sqrt{2} E \sin \omega t \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

但シ

$$\left. \begin{aligned} E_m &= RI_m \\ E &= RI \\ I &= \frac{E}{R} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

故ニ i ヲ正弦的ノモノトスレバ e ハ同一周波數ノ正弦的ノモノニシテ而カモ i ト同一ノ位相ニアリ、第 8 圖ハ此ノ場合ノ e ト i トノ曲線圖竝「ベクトル」關係ヲ示スモノナリ、

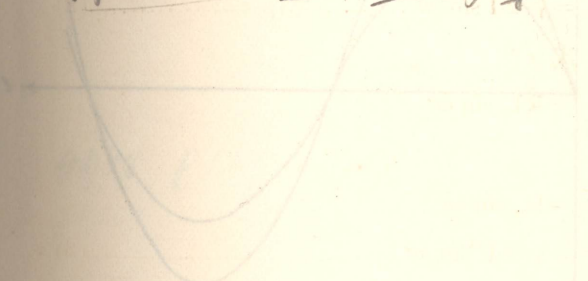
消費「エネルギー」 $\rightarrow Ri^2 dt$
供給「エネルギー」 $\rightarrow e i dt$

$$Ri^2 dt = e i dt$$

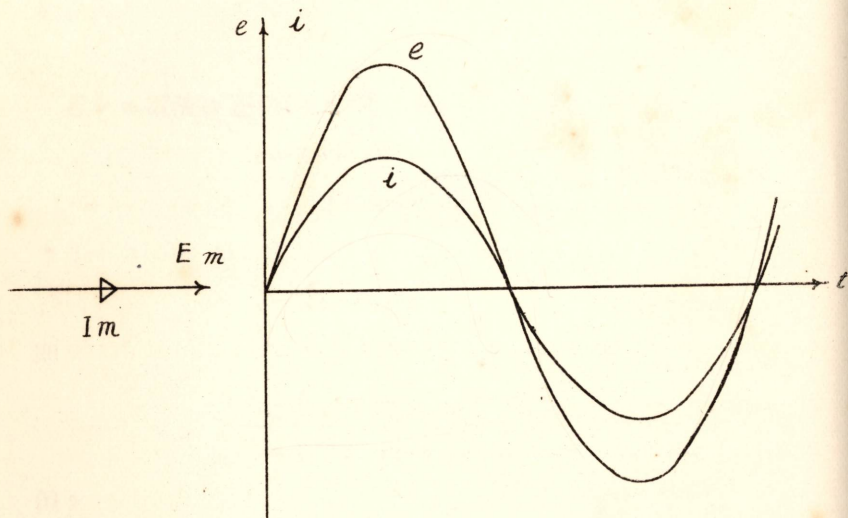
$$\therefore e = Ri$$

$$R = \frac{e}{i}$$

抵抗、回路。於テ電流ト電圧ト
同相ナリ。之ヲ無誘導ナリ。



第 8 圖



九、「インダクタンス」ノミノ回路、

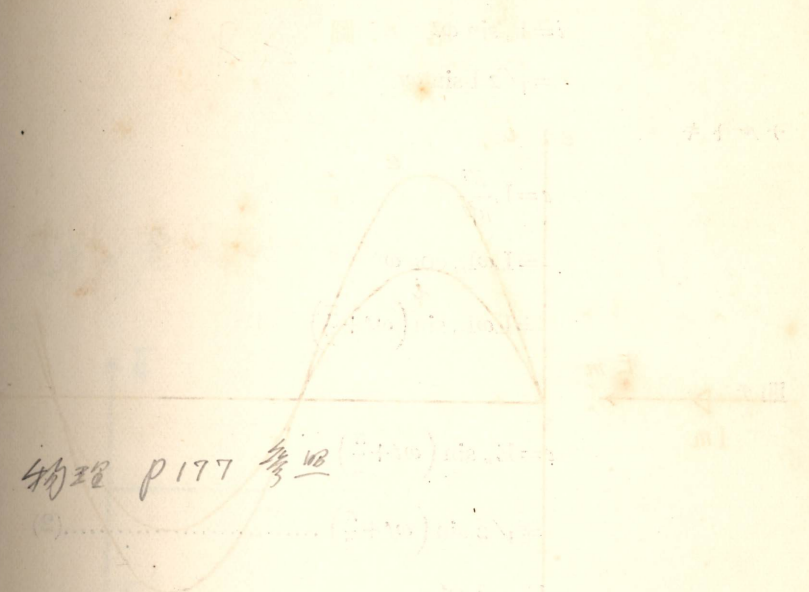
「インダクタンス」ニ對シ抵抗ヲ無視シ得ル如キ回路ニ於テ電流ノ増加ノタメ磁場ニ於ケル「エネルギー」 $\frac{1}{2}Li^2$ ノ増加ト電源ヨリ供給サルル「エネルギー」トノ關係ハ

$$e i dt = \frac{d(\frac{1}{2}Li^2)}{dt} dt$$

故ニ

$$e = L \frac{di}{dt} \dots \dots \dots (1)$$

$L \frac{di}{dt}$ ハ i ノ變化ノタメ「インダクタンス」ニ基キテ誘導サルル起電力ニ打テ勝ツ所ノ電壓ナリ、 i ガ正弦的ノモノ、即チ



物理 p177 参照

比較的コイル長サミシカシ大イ場合

磁氣的勢力 $\frac{1}{2}Li^2$

dt 時間ニ於テ e, i ... 一定ト考ヘラレバ

$$e i dt = \frac{d}{dt} (\frac{1}{2}Li^2) \times dt$$

抵抗・容量・キコシテ 單位時間ニ増加スル工和

2) $e = L \frac{di}{dt} \rightarrow$ コイル起電力

如シコイル一定トシテ $e = 0$ ナル

$$i = I_m \sin \omega t$$

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

ナルトキ

$$e = L \frac{di}{dt}$$

$$= L \omega I_m \cos \omega t$$

$$= L \omega I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

即チ

$$e = E_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$= \frac{E}{\sqrt{2}} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

$$E_m = L \omega I_m$$

$$E = L \omega I = 2\pi f L I \dots \dots \dots (3)$$

Lωヲ Reactance ト云フ、次節ニ述ブル所ノ Capacity reactance ト區別スル場合ニハ、Inductive reactance ト云フ、Reactance ハ X フ以テ表ハサレ、其ノ單位ハ抵抗ト同ジク ohm ナリ、Inductive reactance ハ同一回路ニツキテモ周波數ニ正比例シテ異ナレリ、

$$X = L\omega = 2\pi f L \dots \dots \dots (4)$$

而シテ

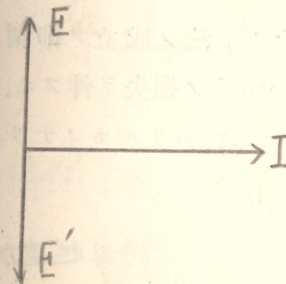
$$\left. \begin{aligned} E &= X I \\ I &= \frac{E}{X} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

(2) 式ニヨリ知ラルル如ク Inductive reactance ニ打チ勝ツタメノ起電力ハ電流ニ對シ 90° 進ミタルモノニシテ、第七節 (5) 式ニヨリ表ハサレタル誘導起電力ニ打チ勝ツタメノモノナリ、第 9 圖

$$e' = -L \frac{di}{dt} \rightarrow \text{誘導起電力}$$

$$e + e' = 0 \quad \leftarrow \begin{array}{c} e' \\ \rightleftarrows \\ e \end{array}$$

電圧の電流より 90° 進んで居る



Reactance $\left\{ \begin{array}{l} \text{Inductive } X_L \\ \text{Capacitive } X_C \end{array} \right.$

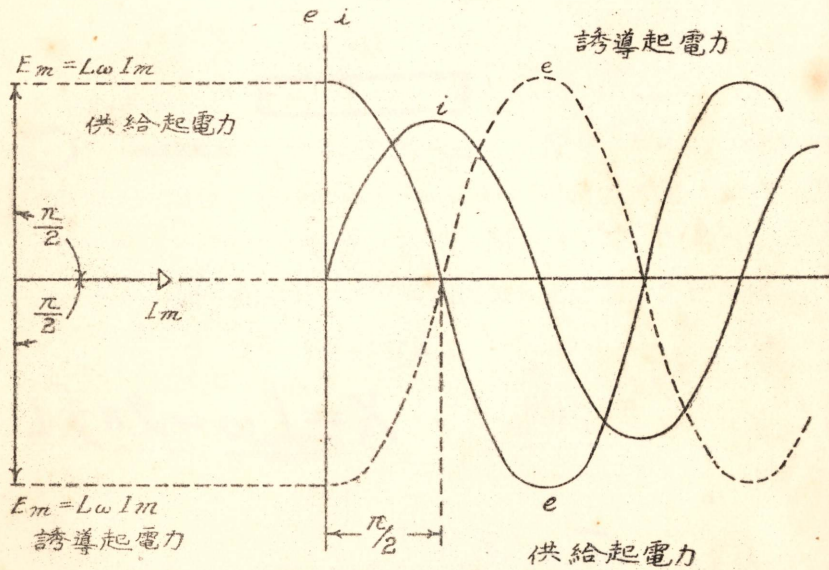
周波數 = 比例ス $X = L\omega = 2\pi f L$

$E = X I$

ハ此ノ場合ノ e ト i トノ曲線竝「ベクトル」關係ヲ示スモノニシテ、點線曲線ハ誘導起電力ナリ、

(3) 又ハ (5) ニテ知ラルル如ク「インダクタンス」ハ E ノ與ヘラレタル値ニ對シ I ノ増大ヲ妨グル所ノ作用ヲナスモノナリ、而シテ同一ノ L ニ對シ f ガ大ナル程其ノ作用ハ大ナリ、縱令 L ハ小ナリトモ f ガ非常ニ大ナル場合ニハ終ニ I ハ極メテ小トナル可シ、**塞流線輪**ハ極メテ小ナル抵抗ニ對シ大ナル Inductive reastance Choking coil ヲ有スル線輪ニシテ大ナル電流ノ成立ヲ抑制スル所ノモノナリ、抵抗ニヨル電流ノ制限ハ電力ノ損失ヲ伴フモ、「インダクタンス」ニヨル場合ハ電力ノ損失ヲ伴ハザルモノナリ、

第 9 圖



$$I = \frac{E}{2\pi f L}$$

Choking coil
 $f \rightarrow$ 大

機械 = 3/222 本カ>イヲ防グ

一〇、蓄電器回路、

蓋電器ガ或電源ト共ニ閉電路ヲナセリトス、蓄電器ノ電荷ヲ Q
Condenser Charge
 トシ容量ヲ C トスレバ電場「エネルギー」ハ
Capacitance

$$\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

ナリ、此ノ Energy ノ増加ハ電源ノ供給 Energy ニ等シキヲ以テ

$$e \, idt = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \right) dt$$

$$= \frac{Q}{C} \frac{dQ}{dt} dt$$

然ルニ

$$dQ = idt$$

$$Q = \int idt$$

ナルヲ以テ

$$e \, idt = \frac{idt \int idt}{C}$$

故ニ

$$e = \frac{\int idt}{C} \dots \dots \dots (1)$$

或ハ

$$e = \frac{Q}{C} \dots \dots \dots (2)$$

容量 C ノ實用上ノ單位ハ Farad ナリ、 Q ガ 1 Coulomb, e ガ volt ナルトキ C ハ 1 Farad ナリ、Farad ハ實用上大ニ過ギテ不便ナルヲ以テ通常ハ其ノ 10^{-6} ナル Microfarad ヲ使用シ、 μF ト記スルコトアリ、

$$1 \text{ farad} = 9 \times 10^{11} \quad \text{靜電單位}$$

$$1 \mu F = 10^{-6} F$$

$$= 9 \times 10^5 \quad \text{靜電單位}$$

又

$$1 \text{ Volt} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Farad}}$$

1 farad = 10⁻⁹ 電磁單位

電流ガ正弦的ノモノ、即チ $i = I_m \sin \omega t$ ナルトキ (1) ニヨリ

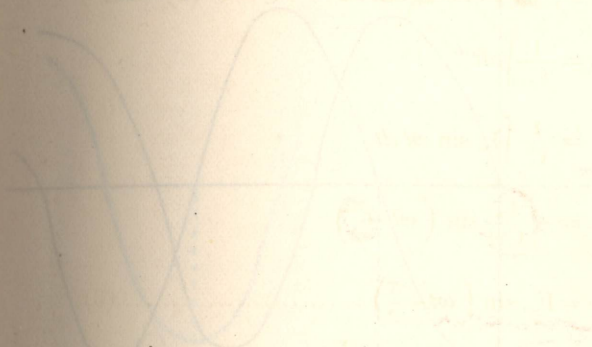
$$\begin{aligned}
 e &= \frac{1}{C} \int i dt \\
 &= \frac{1}{C} \int I_m \sin \omega t dt \\
 &= + \frac{I_m}{C\omega} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \\
 \text{即チ } e &= E_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_m &= \frac{I_m}{C\omega} \\
 E &= \frac{I}{C\omega} = \frac{I}{2\pi f C} \dots\dots\dots (4)
 \end{aligned}$$

又 $\frac{I}{C\omega} = X \dots\dots\dots (5)$

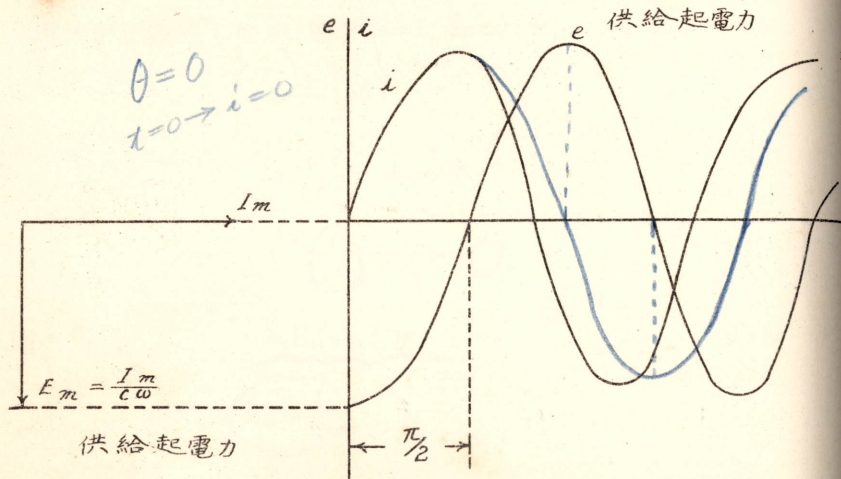
ト置ケバ $E = XI$

X ハ Reactance ナルガ故ニ Inductive reactance $L\omega$ ト區別シテ $\frac{I}{C\omega}$ フ Capacitive reactance 又ハ Condensance ト云ヒ其ノ單位ハ ohm ナリ、Capacitive reactance ハ周波數ニ反比例スルヲ以テ與ヘラレタル電壓ニ對シ周波數ノ大ナル程電流ハ大トナルモノナリ、(3) 式ニテ知ラルル如ク容量反作用ニ打チ膝ツタメニ要スル所ノ電壓ハ電流ニ對シ 90° 遅レタルモノ、從ツテ容量反作用トシテ現ハルル電壓ハ電流ニ對シ 90° 進ミタルモノナリ、此ノ位相關係ハ「インダクタンス」ノ場合ト全ク反對ナリ、實効値ノ關係ハ (4) 式ニテ與ヘラレタリ、第 10 圖ハ此ノ場合ノ e ト i トノ曲線並「ベクトル」關係ヲ示スモノナリ、



$\left\{ \begin{array}{l} L \text{ Inductance} \\ X \text{ Reactance} \end{array} \right.$
 $\left\{ \begin{array}{l} L\omega \text{ Inductive reactance.} \\ \frac{1}{C\omega} \text{ Capacitive reactance.} \end{array} \right.$

第 10 圖



一、抵抗ト「インダクタンス」トヲ有スル回路、

抵抗 R ノミヲ有スル導線ト「インダクタンス」L ノミヲ有スルモノト見做サルル線輪トガ直列ニアル回路ニ電壓 e ガ與ヘラレタルトキ又ハ一般ニ R ト L トヲ有スル導線或ハ線輪ニ電壓 e ガ與ヘラレタルトキハ

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

右邊第一項ハ抵抗ニ打勝ツタメノ電壓、第二項ハ「インダクタンス」ニ打勝ツタメノ電壓ナリ、電流 i ガ正弦的ノモノナリトスレバ抵抗ニ打勝ツタメノ電壓ノ實効値ハ RI ニシテ I ト同位相ニアリ、「インダクタンス」ニ打勝ツタメノ電壓ノ實効値ハ $L\omega I$ ニシテ I ニ對シ 90° 進メルモノナリ、是等ノ RI ト $L\omega I$ トノ「ベクトル」和ハ e ノ實効値 E ナリ、

第 11 圖ニヨリテ

R + L, 場合

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

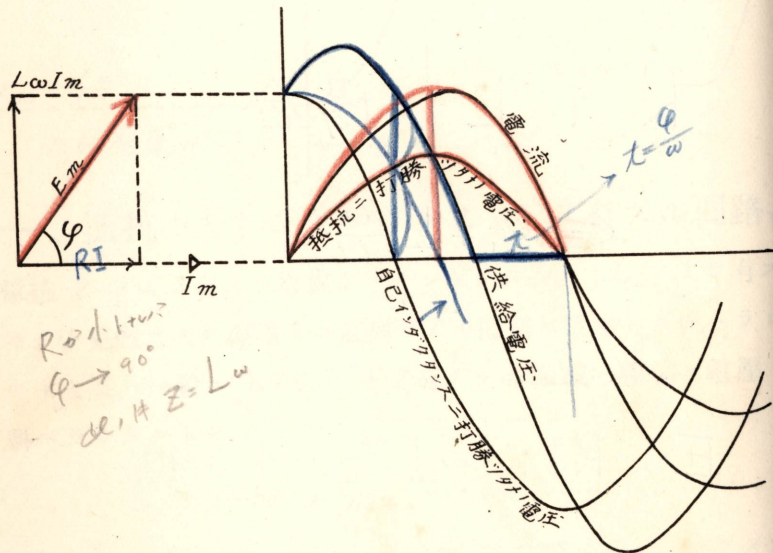
E, RI, $L\omega I$, 「ベクトル」和

交流電氣工學

$$\left. \begin{aligned} E &= \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2} I \\ I &= \frac{E}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{L\omega}{R} \dots\dots\dots (3)$$

第 11 圖



e は正弦的ノモノナリ、之ヲ

$$e = E_m \sin \omega t = \sqrt{2} E \sin \omega t \dots\dots\dots (4)$$

ト置ケバ i ハ次式ニテ表ハサル、

$$i = I_m \sin(\omega t - \varphi) = \sqrt{2} I \sin(\omega t - \varphi) \dots\dots\dots (5)$$

電壓電流ノ實効値關係ハ (2) ニテ與ヘラレ、 i ハ e = 對シ (3) ニテ與ヘラレタル角 φ ダケ遅ルモノナリ、第 11 圖ノ曲線ハ e

$$e = E_m \sin(\omega t + \theta) \dots\dots\dots ①$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \theta - \varphi) \dots\dots\dots ②$$

$$e = Ri + L \frac{di}{dt} \dots\dots\dots ③$$

$$①, ② \Rightarrow ③ = M \lambda \sin \dots$$

$$\begin{aligned} E_m \sin(\omega t + \theta) &= R I_m \sin(\omega t + \theta - \varphi) + L I_m \omega \cos(\omega t + \theta - \varphi) \\ &= R I_m \sin(\omega t + \theta) \cos \varphi - R I_m \cos(\omega t + \theta) \sin \varphi \\ &\quad + L \omega I_m \cos(\omega t + \theta) \cos \varphi + L \omega I_m \sin(\omega t + \theta) \sin \varphi \end{aligned}$$

上式ハ恒等式ニテ \dots

$$\begin{aligned} E_m &= R I_m \cos \varphi + L \omega I_m \sin \varphi \\ &= I_m (R \cos \varphi + L \omega \sin \varphi) \dots\dots\dots ①' \end{aligned}$$

$$-R I_m \sin \varphi + L \omega I_m \cos \varphi = 0 \dots\dots\dots ②'$$

$$\Rightarrow \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{L \omega I_m}{R I_m} = \frac{L \omega}{R}$$

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

$$\text{次} = \sin \varphi = \frac{L \omega \cos \varphi}{R} \Rightarrow \dots$$

$$\begin{aligned} E_m &= I_m (R \cos \varphi + L \omega \times \frac{L \omega \cos \varphi}{R}) \\ &= \frac{I_m (R^2 + (L \omega)^2)}{R} \cos \varphi \end{aligned}$$

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

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

$$\therefore \frac{(E_m R)^2 + (E_m L \omega)^2}{I_m^2 \{R^2 + (L \omega)^2\}^2} = 1$$

ト i トノ關係ヲ示スモノナリ、

$\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}$ ヲ回路ノ「イムピーダンス」ト云ヒ Z ナル文字ニテ表ハスコトト約束ス、其ノ單位ハ ohm ナリ、

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2} = \sqrt{R^2 + X^2} \dots \dots \dots (6)$$

是ニ由テ既述ノ諸式ヲ表ハセバ

$$\left. \begin{aligned} E &= ZI \\ I &= \frac{E}{Z} \\ \varphi &= \tan^{-1} \frac{X}{R} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (7)$$

抵抗「レアクタンス」, 「インダクタンス」ハ正弦の電流, 電壓ノ如キ「ベクトル」ニハアラザルモ是等ノ間ニハ恰モ「ベクトル」ニ似タル關係アリ、RI, XI, E ノ三ツノ「ベクトル」ニテ作ラルル直角三角形ヲ起電力ノ三角形ト云フ、此ノ三角形ノ各邊ヲ I ニテ除シタリト考ヘテ得ベキ相似直角三角形ハ R, X, Z ノ關係ヲ表ハスモノニシテ之ヲ「イムピーダンス」ノ三角形ト云フ、

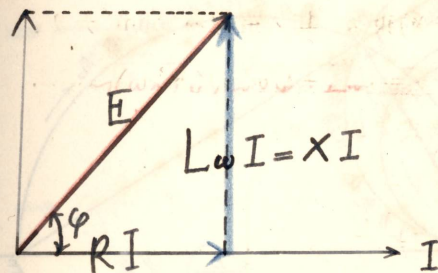
一二、抵抗又ハ「インダクタンス」ノ増減ニ伴フ電流ノ變化、

E ガ與ヘラレテ一定ナリトシ R 又ハ L ノ増減ニヨリ I ガ如何ニ變ズルカヲ考ヘントス、

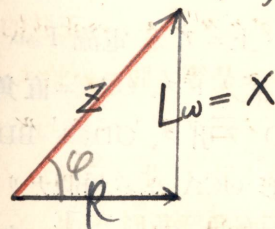
I. L 一定ニシテ R ガ變ズル場合、

第 12 圖ニ於テ三角形 OAC ハ起電力ノ三角形ニシテ OA ハ E, OC ハ RI, CA ハ $L\omega I$ ヲ表ハス、角 AOC ハ E ニ對シテ I ノ遅レノ角 φ ヲ表ハス、E ハ與ヘラレ一定セルヲ以テ C ハ

起電力ノ三角形

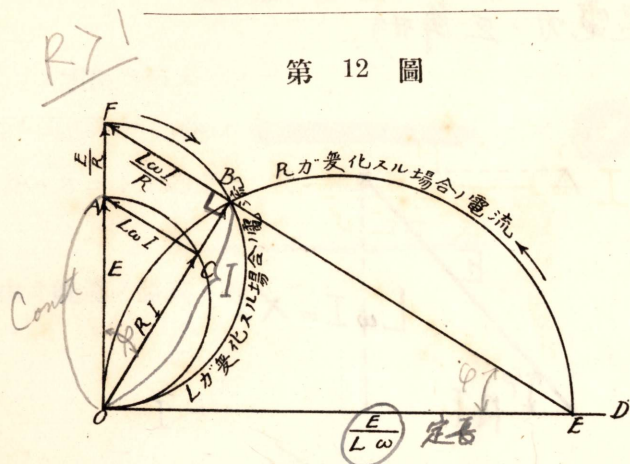


インピーダンスノ三角形



$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2} \\ &= \sqrt{R^2 + X^2} \end{aligned}$$

第 12 圖



直径 AO ナル圓周 ACO ノ上ニアリ、電流 I ハ RI ト同一ノ相ニアリ、OB ハ I ヲ表ハスモノトス、OA = 直角 = 直線 OD ヲ引キ OB = 直角 = 直線 BD ヲ引ク、OD ト BD トノ交點ヲ D トス、三角形 OBD ト三角形 OCA トハ相似ナリ、而シテ CA ハ $L\omega I$ ニシテ OB ハ I ナルヲ以テ OD ハ $\frac{E}{L\omega}$ ナリ、故ニ D 點ハ R ニ關係ナク定マレル點ナリ、R ヲ増減スレバ B ハ OD ヲ直径トスル定マレル圓周 OBD ノ上ヲ動クベシ、R ヲ減ズレバ ϕ ヲ増シ C 點ハ圓周 ACO ノ上ニ於テ O ニ近付キ、B ハ圓周 OBD 上ヲ D ニ近付ク、R ガ零トナレバ $I = \frac{E}{L\omega}$ トナリ E ニ對シ $\frac{\pi}{2}$ 遅ル、R ヲ増セバ B 點ハ圓周 DBO 上ヲ動キテ O ニ近ヅキ終ニ零トナルベシ、

II. R 一定ニシテ L ガ變ズル場合、

DB ヲ F 迄延長ス、F ハ DB ノ延長ト OA ノ延長トノ交點ナリ、三角形 OBF ト三角形 OCA トハ相似ナリ、OC ハ RI ニシテ OB ハ I ナルヲ以テ OF ハ $\frac{E}{R}$ ナリ、故ニ F 點ハ L ニ

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

- | | | | | |
|--------------------|---|------------------------|------------------------|---|
| | 1 | $R \rightarrow 0$ | $\phi = 90^\circ$ | $I = \frac{E}{L\omega}$ |
| $L = \text{Const}$ | 2 | $R \rightarrow \infty$ | $\phi = 0$ | $I = \frac{E}{R} = 0$ |
| | 3 | $L \rightarrow 0$ | $\phi \rightarrow 0$ | $I = \frac{E}{R}$ |
| $R = \text{Const}$ | 4 | $L \rightarrow \infty$ | $\phi = \frac{\pi}{2}$ | $I \rightarrow \frac{E}{L\omega} \rightarrow 0$ |

關係ナク定マレル點ナリ、L ガ變ズレバ B ハ圓周 OBF 上ヲ動クベシ L ヲ減ズレバ ϕ ヲ減ジ C 點ハ圓周 OCA 上ヲ動キテ A ニ近ヅキ、B 點ハ圓周 OBF 上ヲ動キテ F 點ニ近付クベシ、L ガ零トナレバ電流ハ $I = \frac{E}{R}$ トナリ、E ト同一ノ相ニアリ、L ヲ増セバ B ハ圓周上ヲ O ニ近付キ電流ハ次第ニ小トナリ終ニハ零トナルベシ、

X一三、表皮作用、

太キ導體ニ交流ヲ通ジタリトス、横斷面上ノ各點ニ於ケル電流密度一樣ナラズシテ、表皮ヨリ中心ニ向フニ從ヒテ電流密度ハ小トナルベシ、之ハ表皮作用ト名付ケラレタル現象ナリ、周波數大トナレバ此ノ現象ハ愈々顯著トナリ、電流ハ表皮ニ沿ヒテ流ルルコトトナリテ横斷面ノ大部分ハ電流ノ通路トシテ役立タザルコトトナルベシ、

導體ノ横斷面ハ圓ナリトス、長サ l ノ部分ヲ考フルモノトシ、同一中心線ニ沿ヒテノ二ツノ Tubular elements A, B ヲ考フ、A, B ハ横斷面積相等シキモノトス、抵抗ハ等シク R ニシテ「インダクタンス」ハ夫々 L_1, L_2 ナリトシ、相互「インダクタンス」ハ M ナリトス、此ノ導體ノ長サ l ノ部分ニ與ヘラレタル電壓ヲ e トスレバ

$$e = Ri_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

$$e = Ri_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$$

是ニ由テ

$$i_1 = i_2 + \frac{L_2 - M}{R} \frac{di_2}{dt} + \frac{M - L_1}{R} \frac{di_1}{dt}$$

A ハ外側ニ、B ハ内側ニアリトスレバ

$$L_2 > L_1$$

而シテ

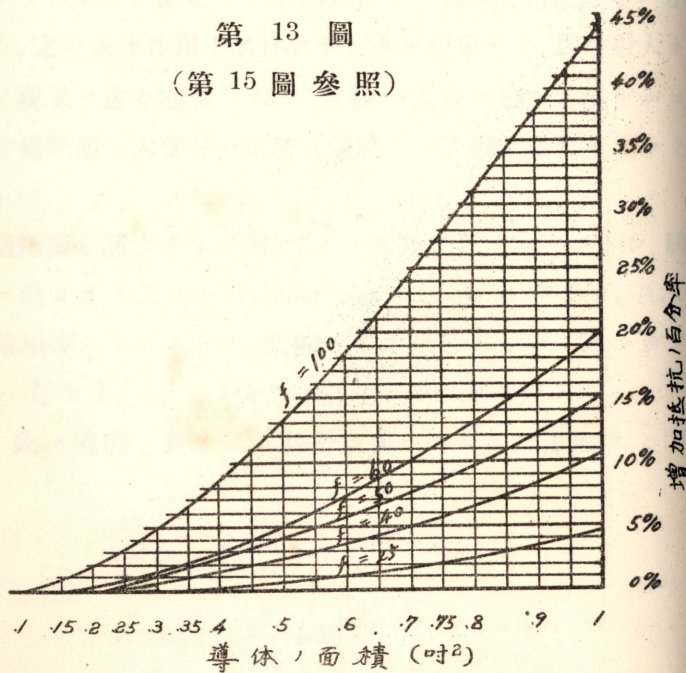
$$M = L_1$$

故ニ

$$i_1 = i_2 + \frac{L_2 - M}{R} \frac{di_2}{dt}$$

即チ電流密度ハ内側ノ管ノ横断面ニ於ケルヨリモ外側ノ管ニツキテ大トナリ電流密度ハ中心線ヨリ表皮ニ向フニ從ヒテ増加スルコトトナルベシ、而シテ之ガ結果トシテ電流ガ横断面ニ一様ニ分布サレタル場合ヨリモ、 Ri^2 損失ヲ増スコトトナリ、實効抵抗ヲ増スコトトナルベシ、第 13 圖ハ導線ノ太サ並周波數ト表皮作用ノ

第 13 圖
(第 15 圖 參照)

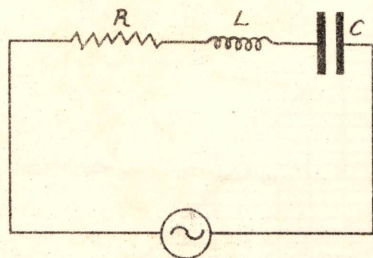


タメノ抵抗増加トヲ示スモノナリ、通常ノ周波數ノ場合抵抗増加ハ直流抵抗ノ約 15% ト見テ可ナリ、太キ導線又ハ高周波ニツキテハ其ノ影響甚大ナルヲ以テ太キ線ハ之ヲ數多ノ細キ線ニ分チ又 Stranding ニヨリテ、表皮作用ノ影響ヲ防グモノトス、導線ニ電流ヲ通ジ其ノ熱ノ「エネルギー」トシテノ損失ヲ「ワット」ニテ測リ之ヲ電流ノ實効値ノ平方ニテ除シタルモノヲ其ノ導線ノ實効抵抗ト云フ、

一四、「インダクタンス」、抵抗及蓄電器ヲ有スル回路、

第 14 圖ニ示セル如キ抵抗 R, 「インダクタンス」L ノ回路ニ直列ニ蓄電器ヲ有スル回路ニツキ

第 14 圖



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

右邊ノ第一項ハ抵抗ニ打勝ツタメ第二項ハインダクタンスノ容量反作用ニ打勝ツタメノ電壓ナリ、第一項ニ相當スルモ實効値ハ RI ニシテ I ト同位

$$e = Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{\int idt}{C} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

$$e = E_m \sin(\omega t + \theta) \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \theta - \phi) \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

②, ③ ⇒ ①ニ代入

$$E_m \sin(\omega t + \theta) = RI_m \sin(\omega t + \theta - \phi) + LI_m \omega \cos(\omega t + \theta - \phi) - \frac{I_m \cos(\omega t + \theta - \phi)}{C\omega}$$

$$= I_m \left\{ R \sin(\omega t + \theta - \phi) + \cos(\omega t + \theta - \phi) \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \right\}$$

$$= RI_m \left\{ \sin(\omega t + \theta) \cos \phi - \cos(\omega t + \theta) \sin \phi \right\} + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) I_m \times \left\{ \cos(\omega t + \theta) \cos \phi + \sin(\omega t + \theta) \sin \phi \right\}$$

$$= I_m \left\{ R \cos \phi + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \sin \phi \right\} \sin(\omega t + \theta) - I_m \left\{ R \sin \phi - \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \cos \phi \right\} \cos(\omega t + \theta)$$

$$\therefore E_m = I_m \left\{ R \cos \phi + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \sin \phi \right\} \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

$$R \sin \phi - \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \cos \phi = 0 \dots \dots \dots \textcircled{5}$$

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

$$\textcircled{4}^2 + \textcircled{5}^2 \left(\frac{E_m}{I_m} \right)^2 = R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2$$

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

第2項..容量反作用・打勝→V×1電圧+V

相ニアリ、第二項ニ相當スルモノノ實効値ハ $L\omega I$ ニシテ I ニ對シ 90° 進ミ、第三項ニ相當スルモノノ實効値ハ $\frac{I}{C\omega}$ ニシテ I ニ對シ 90° 遅レタルモノナリ、

第 15 圖ニ示セル「ベクトル」圖ニヨリ容易ニ次ノ關係ノ存スルコトヲ知ルヲ得ベシ、

即チ

$$\left. \begin{aligned} E &= \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{I}{C\omega}\right)^2} I \\ I &= \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{I}{C\omega}\right)^2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{L\omega - \frac{I}{C\omega}}{R} \dots\dots\dots(3)$$

e ハ正弦的ノモノニシテ之ヲ

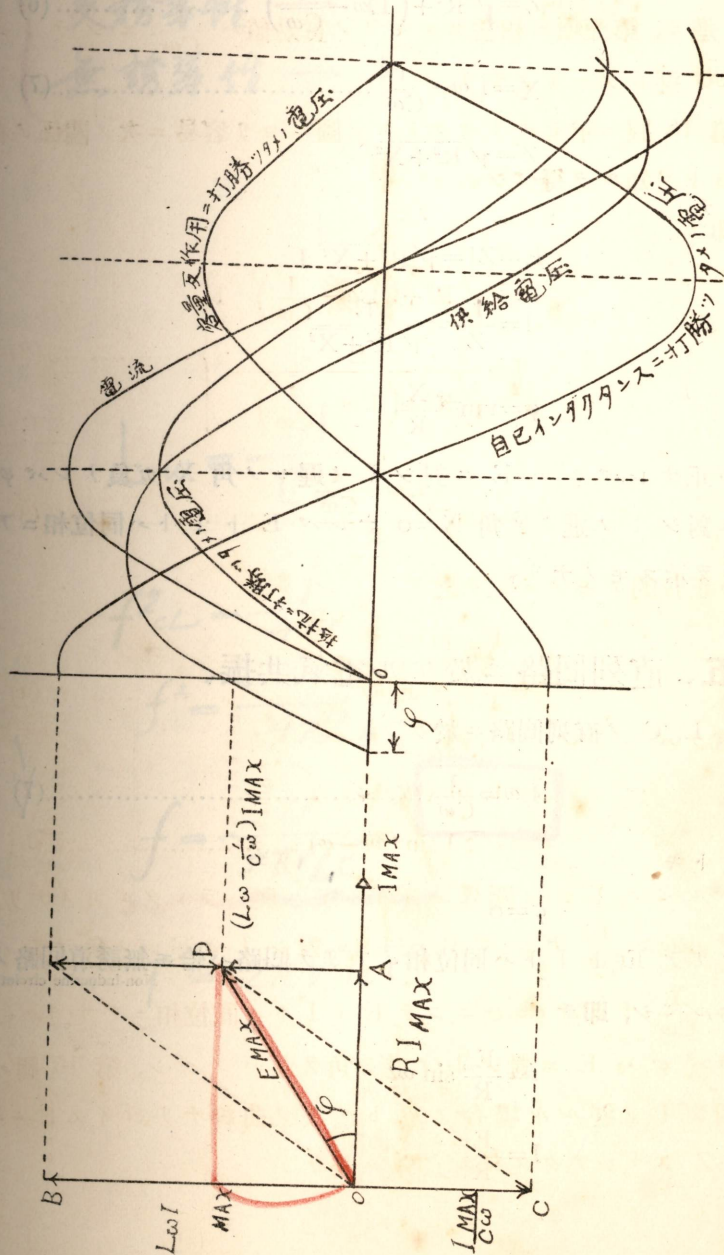
$$\begin{aligned} e &= E_m \sin \omega t \\ &= \sqrt{2} E \sin \omega t \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

ト置ケバ

$$\begin{aligned} i &= I_m \sin (\omega t - \varphi) \\ &= \sqrt{2} I \sin (\omega t - \varphi) \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

トナルベシ、 I 、 φ ノ關係ハ (2)、(3) ニ與ヘラレタルモノナリ、而シテ $L\omega > \frac{I}{C\omega}$ ナレバ φ ハ E ニ對シ I ノ遅レノ角ヲ表ハシ、 $L\omega = \frac{I}{C\omega}$ ナラバ $\varphi = 0$ ニシテ E ト I トハ同位相ニアリ、 $L\omega < \frac{I}{C\omega}$ ナラバ φ ハ E ニ對シ I ノ進ミ角ヲ表ハスベシ、第 15 圖ハ E ニ對シ I ノ遅ルル場合ノ e ト i トノ曲線ナリ、「イムピーダンス」 Z 、 X 「リアクタンス」 X ハ夫々

第 15 圖



$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} \dots\dots\dots (6)$$

$$X = L\omega - \frac{1}{C\omega} \dots\dots\dots (7)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

而シテ

$$E = ZI = \sqrt{R^2 + X^2} I$$

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{E}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

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

X が正ナレバ ϕ は E 對シ I ノ遅レノ角 X が負ナレバ ϕ は E 對シ I ノ進ミノ角 X=0 ナレバ E ト I トハ同位相ニアルコトヲ示スモノナリ、

一五、直列回路ニ於ケル電氣共振、

R, L, C ノ直列回路ニ於テ

$$L\omega = \frac{1}{C\omega} \dots\dots\dots (7)$$

ナルトキ

$$\phi = 0$$

トナリテ E ト I トハ同位相ニアリテ回路ハ恰モ無誘導回路ノ如クナルベシ、即チ
Non-inductive circuit

$$i = \frac{E_m}{R} \sin \omega t$$

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

誘導性 $\rightarrow L$
 反誘導性 $\rightarrow C$
 無誘導性 $\rightarrow R$

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

$$f^2_{CL} = \frac{1}{4\pi^2}$$

$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

(1) 式ニヨリ

$$LC\omega^2 = 1$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots \dots \dots (2)$$

$$T_c = 2\pi\sqrt{LC}$$

f_c ハ周波數, T_c ハ週期ナリ, E ノ大サヲ一定ナリトシ, 種々ノ周波數ノ電壓ヲ R, L, C ノ直列回路ニ與ヘタルトキ (2) ニヨリテ與ヘラルル周波數 f_c ニ於テ電流 I ハ最大トナルベシ, 其ノ I ノ値ハ $\frac{E}{R}$ ナリ, 此ノ場合回路ハ電氣共振ヲナセリト云ヒ, f_c ヲ共振周波數ト云ヒ又臨界周波數ト云フ, 電氣共振ニ於テ

Resonance frequency

$$L\omega I = \frac{I}{C\omega}$$

ニシテ是等ノ電壓ハ夫々ノ「リアクタンス」 $L\omega$ 及 $\frac{I}{C\omega}$ ノ値ニヨリテハ全電壓 $E=RI$ ヲリモ著シク大トナリ得ルモノナリ, 回路ノ其ノ部分ガ此ノ高電壓ニ堪ヘザルトキハ共振ノタメニ破壊セララルルニ至ルベシ,

第 15 圖ハ $R=2 \Omega, L=0.352 \text{ H}, C=20 \times 10^{-6} \text{ F}$ ナル回路ニ $E=200 \text{ V}$ ノ電壓ヲ與ヘラレタルトキ f ノ種々ノ値ニ對スル電流 I ノ曲線ナリ, 此ノ場合

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.352 \times 20 \times 10^{-6}}} = 60$$

此ノ共振ニ於ケル電流ハ

$$I = \frac{E}{R} = \frac{200}{2} = 100 \text{ A}$$

全電圧, 電圧... 低イカ
部分, 電圧カ極大ナリ + 1.

$f_c \rightarrow$ 共振周波數

$$1. R = 2 \Omega$$

$$L = 0.352 \text{ H}$$

$$C = 20 \mu\text{F}$$

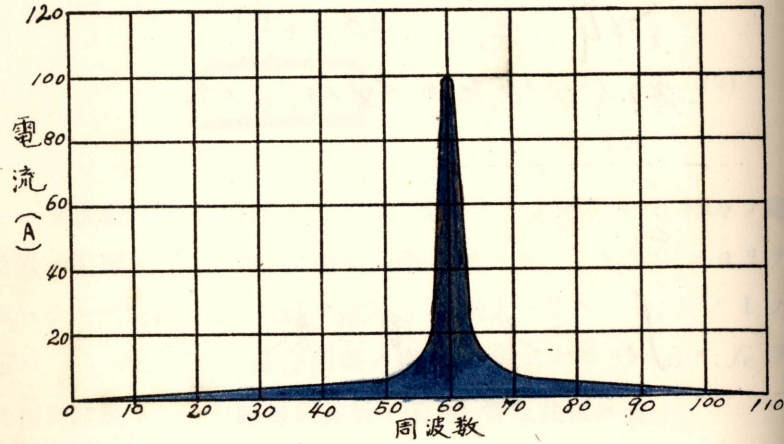
$$E = 200 \text{ V}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.352 \times 20 \times 10^{-6}}}$$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{7.04 \times 10^{-6}}} = \frac{10^3}{2\pi \times 2.67}$$

$$= \frac{10^3}{6.29 \times 2.67} = \frac{10^3}{16.8} = 60$$

第 16 圖



又

$$L\omega I = \frac{I}{C\omega} = 0.352 \times 2\pi \times 60 \times 100 = 13270 \text{ V}$$

即チ蓄電器ノ兩端間又ハ塞流線輪ノ兩端間ノ電壓ハ全體ノ兩端ノ電壓 200 volts ニ對シ極メテ大ナルモノナリ、 $f=0$ ナルトキ $I=0$ ナリ、 f ガ小ナル間ハ Capacitance reaction ノタメ電流ハ大トナル能ハズ、 f ガ共振周波數ヨリ大トナレバ Inductance reaction ノタメ電流ハ大トナル能ハズ、 $f=\infty$ トナレバ電流ハ全ク「インダクタンス」ノタメ妨ゲラレテ零トナルベシ、 f ガ共振周波數ナルトキ前記ノ兩作用ハ互ニ打消サレテ全體ハ抵抗ノミノ回路ノ如クナルモノナリ、

$$I = \frac{E}{R} = \frac{200}{2} = 100 \text{ A}$$

インダクタンスニ於テ降下スル電圧

$$L\omega I = \frac{I}{C\omega} = \frac{2\pi \times 60 \times 0.352 \times 100}{2.21} = 133 \times 10^2 \text{ V}$$

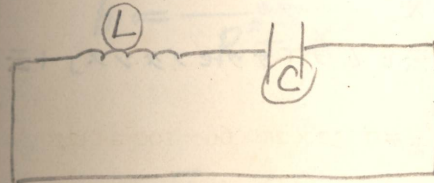
2. $L = 0.2 \text{ H}$

$f = 60$

$E = 100 \text{ V}$

$I = 5 \text{ A}$

$C = ?$



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

$$\omega = \sqrt{(0.2 \times 2\pi \times 60 - \frac{1}{C \times 2\pi \times 60})^2 \times 5}$$

$$\sqrt{(24\pi - \frac{1}{120\pi C})^2} = 20$$

$$\frac{1}{120\pi C} = 20 + 75.5$$

$$C = \frac{1}{120\pi \times 95.5} = 26 \mu\text{F}$$

一六、「アドミッタンス」、「コンダクタンス」及
「サツセプトランス」、

「イムピーダンス」ノ式ハ

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

$$\frac{I}{Z} = \frac{I}{\sqrt{R^2 + X^2}} = Y$$

Yヲ「アドミッタンス」ト云フ、

$$Y = \frac{I}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \sqrt{\frac{R^2}{(R^2 + X^2)^2} + \frac{X^2}{(R^2 + X^2)^2}}$$

$$= \sqrt{g^2 + b^2}$$

但シ

$$\begin{cases} g = \frac{R}{R^2 + X^2} = \frac{R}{Z^2} \\ b = \frac{X}{R^2 + X^2} = \frac{X}{Z^2} \end{cases}$$

gヲ「コンダクタンス」ト云ヒ bヲ「サツセプトランス」ト云フ、

$$Z = \frac{I}{\sqrt{g^2 + b^2}}$$

又

$$E = ZI$$

$$I = YE$$

「アドミッタンス」、「コンダクタンス」、「サツセプトランス」ノ單
位名ヲ Mho ト云フ、

一七、「ベクトル」ノ記號式表示、

複雑セル回路ニツキ説明ヲナスニ圖式説明ニ依レバ相ノ關係ハ
一目シテ知ラレ其ノ大サニツキテモ必要ナル大體ノ値ヲ容易ニ得

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad X = L\omega - \frac{1}{C\omega}$$

$$Y = \frac{I}{Z} \rightarrow \text{「アドミッタンス」}$$

並列回路ニ於テ、之ヲ用フルニ便利。

$$Y = \sqrt{g^2 + b^2}$$

$$g = \frac{R}{R^2 + X^2} \rightarrow \text{「コンダクタンス」}$$

$$b = \frac{X}{R^2 + X^2} \rightarrow \text{「サツセプトランス」}$$

$$E = ZI$$

$$I = YE$$



ルノ便アルモ「ベクトル」ノ大サ著シク異ナレルモノヲ同一ノ圖表ニテ取扱フ場合ニハ精密ナル結果ヲ得ルコト難シ、又通常ノ計算法ニヨレバ精密ナル結果ヲ得ルモ其ノ計算頗ル煩雜トナル場合多シ、記號式方法ハ前記兩者ノ便利ナル點ヲ兼ネテ有スル方法ナリ、

或「ベクトル」例ヘバ正弦波電流ノ「ベクトル」ヲ I ヲ以テ表ハシ其ノ大サヲ I トシ相角度ヲ φ トス、 I ハ I ト φ トヲ與フレバ定マル、 I ノ水平方向ノ分力ノ大サヲ a トシ鉛直方向ノ分力ノ大サヲ b トスレバ

$$a = I \cos \varphi \quad b = I \sin \varphi$$

I ハ a ト b トヲ與フルモ亦定マル、 I ノ大サハ

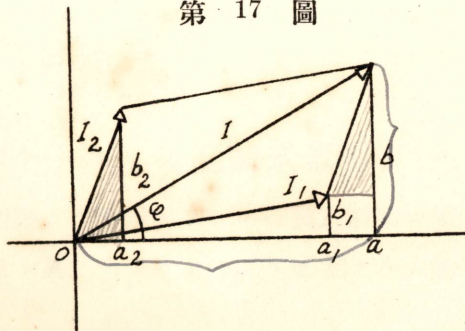
$$I = \sqrt{a^2 + b^2}$$

相角度ハ

$$\cos \varphi = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \quad \sin \varphi = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \quad \tan \varphi = \frac{b}{a}$$

二ツノ「ベクトル」 I_1 ト I_2 トノ水平方向ノ分力ヲ夫々 a_1, a_2 トシ鉛直方向ノ分力ヲ夫々 b_1, b_2 トス、是等ノ合成「ベクトル」 I ノ水平及鉛直ノ分力ヲ夫々 a, b トスレバ第 17 圖ニヨリテ知ラレル如ク

第 17 圖



$$\left. \begin{aligned} a &= a_1 + a_2 \\ b &= b_1 + b_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

I ノ大サ及相ハ

$$I = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{(a_1 + a_2)^2 + (b_1 + b_2)^2} \dots\dots\dots(2)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{b}{a} = \tan^{-1} \frac{b_1 + b_2}{a_1 + a_2} \dots\dots\dots(3)$$

「ベクトル」I ヲ表ハスニ次ノ如キ記號式ヲ用フ、

$$I = a + jb$$

a ハ I ノ水平ノ分力ヲ表ハシ b ハ其ノ鉛直ノ分力ヲ表ハス、文字 j ハ b ガ鉛直ノ分力ナルコトヲ示セル記號ナリ、又記號“+”ハ代數的和ノ意味ニアラズ平行四邊形ノ規則ニヨル和即チ「ベクトル」和ヲ意味ス、

I ト大サ等シク相 180° 異ナレル「ベクトル」ハ

$$-a - jb \dots\dots\dots(4)$$

ナリ、I ヨリ 90° 進メル「ベクトル」ハ

$$-b + ja \dots\dots\dots(5)$$

I ヨリ 90° 遅レタル「ベクトル」ハ

$$b - ja \dots\dots\dots(6)$$

j ヲ單ニ鉛直ノ分力ナルコトヲ示セル記號トシテ使用セシガ j ガ更ニ次ノ意味ヲ附ス、

$$j^2 = -1 \quad j = \sqrt{-1}$$

斯クノ如ク約束シテ $(a + jb) = j$ ヲ乘ズレバ $-b + ja$

即チ (5) ヲ得、更ニ j ヲ乘ズレバ

$$jj(a + jb) = j^2(a + jb) = -a - jb$$

即チ (4) ヲ得、 $(a + jb) = -j$ ヲ乘ズレバ

$$I = a + jb$$

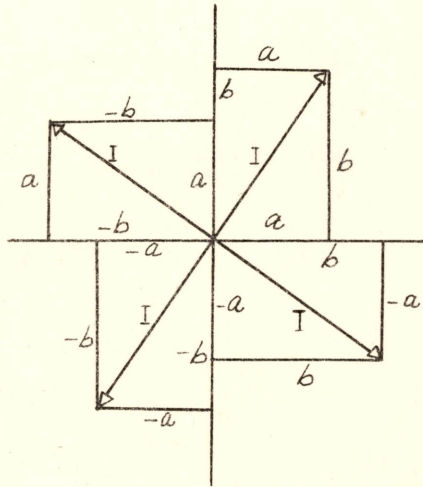
\downarrow \downarrow
 水平分力 鉛直分力

$$-j(a+jb) = b - ja$$

即チ (6) トナル, スクノ如ク $(a+jb) = j$ フ乗ズルコトハ恰カモ「ベクトル」 $(a+jb)$ フ反時計式ニ 90° 回轉スルコトト同ジク, $-j$ フ乗ズルコトハ時計式ニ 90° 回轉スルコトト同ジ, j^2 即チ -1 フ乗ズルコトハ 180° ノ回轉ヲ意味ス、

第 18 圖ヲ参照スベシ、

第 18 圖

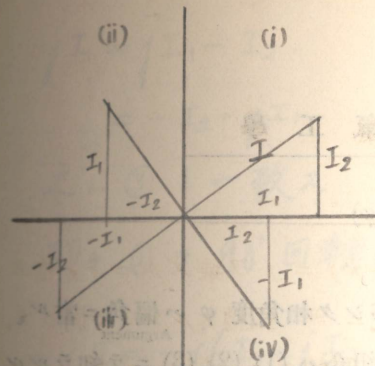


是ニヨリテ「ベクトル」ハ $(a+jb)$ ナル複素數ノ形ニテ表ハスコトヲ得、其ノ大サ及相ハ

$$I = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{b}{a}$$

又次ノ形トモナル、



$$I = I_1 + j I_2 \quad \text{--- ①}$$

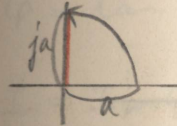
$$I = -I_1 - j I_2 \quad \text{--- ② } +180^\circ$$

$$I = -I_2 + j I_1 \quad \text{--- ③ } +90^\circ$$

$$I = I_2 - j I_1 \quad \text{--- ④ } -90^\circ$$

jI ト I ベクトル 90° 方向 = 回轉サセルコト
 $-jI$ ト I ベクトル 90° 回轉サセル考ヘントキハ
 $j^2 I$ ト I 180° 回轉サセル $= -I$ 。

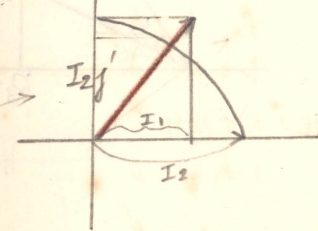
○ 水平分カ a トスル ja 次ノ如ク



$$I' = I_1 + j I_2$$

$$① \times j, \quad jI = jI_1 + j^2 I_2$$

$$\text{今 } j^2 = -1, j = \sqrt{-1} \text{ トスル}$$



$$I = I(\cos \varphi + j \sin \varphi)$$

$$I = e^{j\varphi} \cdot I \varepsilon j\varphi$$

Iノ大サ Iハ複素數ノ絶對値ニ等シク相角度 φ ハ偏角ニ當ル、
正弦波ノ數多ノ「ベクトル」ノ組合ハ(1),(2),(3)ニテ知ラルル
如ク「ベクトル」ガ複素數ノ形ニテ表ハサレタルトキハ複素數ノ
加法ノ規則ヲ適用シテ容易ニ爲スコトヲ得、

二ツノ複素數 A, Bノ乘積ヲ求ム、但シ

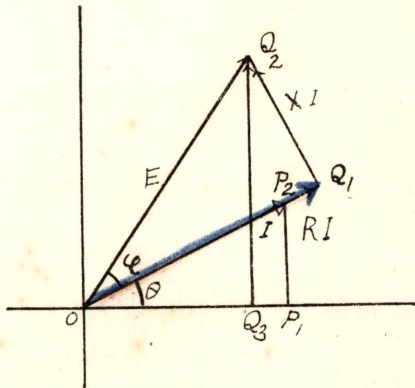
$$A = a_1 + ja_2 = a(\cos a + j \sin a)$$

$$B = b_1 + jb_2 = b(\cos \beta + j \sin \beta)$$

是等ノ乘積ハ

$$\begin{aligned} AB &= (a_1b_1 - a_2b_2) + j(a_1b_2 + a_2b_1) \\ &= ab\{\cos(a+\beta) + j \sin(a+\beta)\} \end{aligned}$$

第 19 圖



$$jI_1 = jI_1 - I_2$$

$$= -I_2 + jI_1$$

之、③ト一致ス

即チ①ヲ90°回轉+セルコト一致スルヲ示ス。

$$-jI = -j(I_1 + jI_2)$$

$$= -jI_1 - j^2I_2 = I_2 - jI_1$$

之、-90°回轉+セルコト一致ス。

$$j^3I = j(j^2)I = -jI$$

④ノ方向=270°回轉+セルコト①ノ方向=90°回轉+セルコト一致ス。

$$I_1 = I \cos \varphi \quad I_2 = I \sin \varphi$$

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{I_2}{I_1}$$

$$I = I \cos \varphi + j I \sin \varphi$$

$$= I(\cos \varphi + j \sin \varphi)$$

$$= I \varepsilon j\varphi$$

大+1+単位長+ノ
ベクトルヲ表示ス。

第 19 圖ニ於テ OP₂ ハ正弦波電流 I フ表ハセル「ベクトル」
I ナリ其ノ相ハ θ ナリ、

$$I = I(\cos \theta + j \sin \theta)$$

抵抗 R ニ打テ勝ツニ要スル起電力ハ大サ RI ニシテ I ト同一
ノ相ニアリ、故ニ此ノ起電力ハ

$$RI(\cos \theta + j \sin \theta) = RI \dots\dots\dots (7)$$

「リアクタンス」ニ打テ勝ツタメノ起電力ハ大サ XI ニシテ若シモ
 $L\omega > \frac{1}{C\omega}$ トスレバ I ヨリモ 90° 進メルヲ以テ此ノ起電力ハ

$$XI(\cos \theta + j \sin \theta)$$

ヲ反時計式ニ 90° 回轉セルモノ

$$jXI(\cos \theta + j \sin \theta) = jXI \dots\dots\dots (8)$$

(7) ト (8) トノ合成起電力ハ即チ回路ニ與ヘタル起電力 E ニシテ

(7) ト (8) トヲ加フルコトニヨリテ

$$E = (R + jX)I \dots\dots\dots (9)$$

而シテ

$$Z = (R + jX) \dots\dots\dots (10)$$

從テ

$$z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

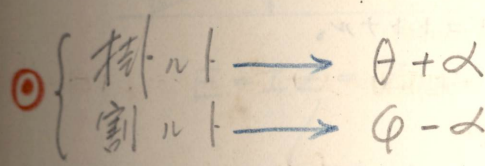
$$\cos \varphi = \frac{R}{z}, \quad \sin \varphi = \frac{X}{z}$$

ト置ケバ

$$\begin{aligned} E &= ZI \\ &= zI \{ \cos(\theta + \varphi) + j \sin(\theta + \varphi) \} \\ &= E \{ \cos(\theta + \varphi) + j \sin(\theta + \varphi) \} \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

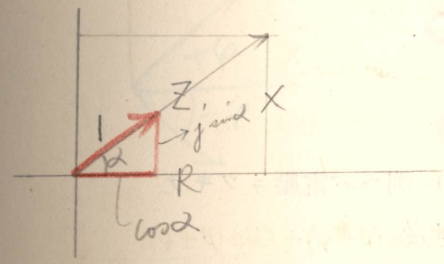
(10) ハ複素數ヲ以テ表ハサレタル「イムピーダンス」ナリ、但シ

$$\begin{cases} \cos \chi = \frac{e^{ix} + e^{-ix}}{2} = 1 - \frac{\chi^2}{2!} + \frac{\chi^4}{4!} - \frac{\chi^6}{6!} + \dots \\ \sin \chi = \frac{e^{ix} - e^{-ix}}{2i} = \chi - \frac{\chi^3}{3!} + \frac{\chi^5}{5!} - \frac{\chi^7}{7!} + \dots \end{cases}$$



$$\begin{aligned} Z &= (R + jX)I \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2} \\ &= \sqrt{R^2 + X^2} e^{j\alpha} \quad \tan \alpha = \frac{X}{R} \\ e^{j\alpha} &= \cos \alpha + j \sin \alpha \end{aligned}$$

$$Z = z(\cos \varphi + j \sin \varphi)$$



「イムピーダンス」ハ「ベクトル」ニアラズ、此クノ如キ Z ヲ I
ニ乗ズレバ (11) ニ於テ見ル如ク I ノ大サヲ z 倍シ其ノ方向ハ
 φ ダケ反時計式ニ回轉セラルコトナル、

(9) ヨリ

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

然ルニ

$$\frac{1}{R + jX} = \frac{R}{R^2 + X^2} - j \frac{X}{R^2 + X^2} = g - jb \dots \dots (12)$$

(12) ハ複素數ニテ示セル「アドミッタンス」ノ式ナリ、

$$Y = g - jb \dots \dots (13)$$

ト置ケバ

$$I = YE$$

正弦波ノ起電力及電流ヲ複素數ニテ表ハセルトキ其ノ最大値又
ハ實効値ニ就キテモ直流ノ場合ノ「オーム」ノ法則及「キルヒホ
ツフ」ノ法則ニ相當シテ次ノ如キ關係式ヲ得、

$$E = ZI$$

$$I = YE$$

閉電路ニ於テ

$$\sum E = 0$$

會合點ニ於テ

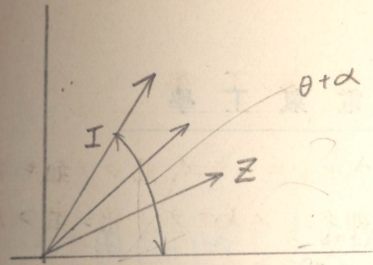
$$\sum I = 0$$

「ベクトル」ヲ表ハスニ例ヘバ電壓ニツキテ

$$E = a \pm jb$$

$$E = E(\cos \varphi \pm j \sin \varphi)$$

$$E = E e^{\pm j\varphi}$$

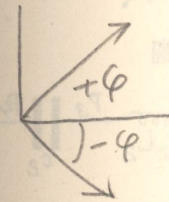


$$E = IZ = |Z||I| e^{j(\theta + \alpha)}$$

$$\tan \theta = \frac{X}{R}$$

$$Z = R + jX$$

$$\begin{cases} \dot{E} = Z \dot{I} \\ \dot{I} = Y \dot{E} \end{cases}$$



ヲ以テスル外ニ

$$E = EJ^{\pm(\frac{\varphi}{\frac{1}{2}\pi})} \quad \text{之ハアリ利用サズ}$$

又

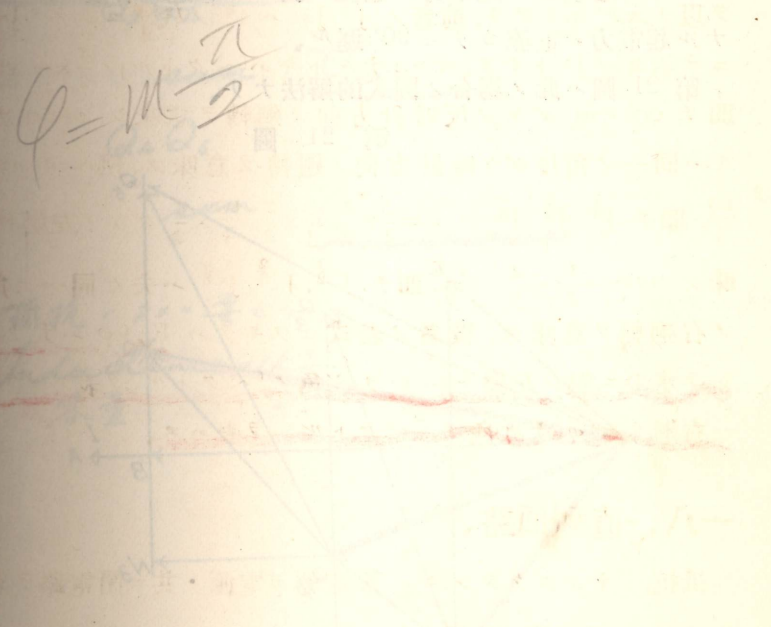
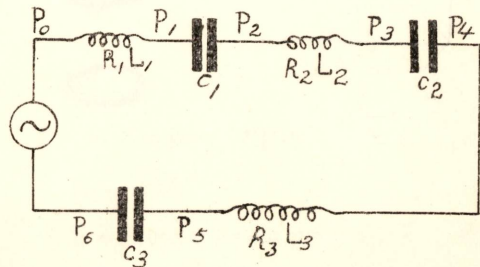
$$E = E|\pm\varphi \quad \text{之ハ利@ケル}$$

ヲ以テスルコトアリ、前者ノ $J^{\frac{\varphi}{\frac{1}{2}\pi}$ ハ $\varepsilon^{j\varphi}$ ノ代リニシテ $\frac{\varphi}{\frac{1}{2}\pi}$ ヲ m ニテ示セバ J^m トナリ、 $m > 0$ ナルトキハ「ベクトル」ノ $\frac{\pi}{2} \times m$ radians、即チ $90^\circ \times m$ ダケノ反時計方向ノ廻轉ヲ意味シ、 $m < 0$ ナルトキハ同一ノ角度ダケ時計方向ノ廻轉ヲ意味ス、例ヘバ $m = \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{10}{3}$ 、即チ $J^{\frac{1}{2}}, J^{\frac{2}{3}}, J^{\frac{10}{3}}$ ハ $\varphi = \frac{1}{2} \times \frac{\pi}{2}, \frac{2}{3} \times \frac{\pi}{2}, \frac{10}{3} \times \frac{\pi}{2}$ ダケノ左廻轉ヲ意味シ $m = -\frac{1}{2}, -\frac{2}{3}, -\frac{10}{3}$ 、即チ $J^{-\frac{1}{2}}, J^{-\frac{2}{3}}, J^{-\frac{10}{3}}$ ハ夫々同一ノ角ダケノ右廻轉ヲ意味ス、後者ノ表式ニツキテハ $E|+\varphi$ ハ大サ E ニシテ水平ニ對シ左廻リニ φ ナル角ノ「ベクトル」ヲ表ハシ、 $E|-\varphi$ ハ右廻リニ φ ナル角ノ「ベクトル」ヲ表ハス、

一八、直列回路、

抵抗、「インダクタンス」、蓄電器ガ電源ト共ニ閉回路ヲナセルモノトス、即チ第 20 圖ノ如キ場合ナリ、

第 20 圖

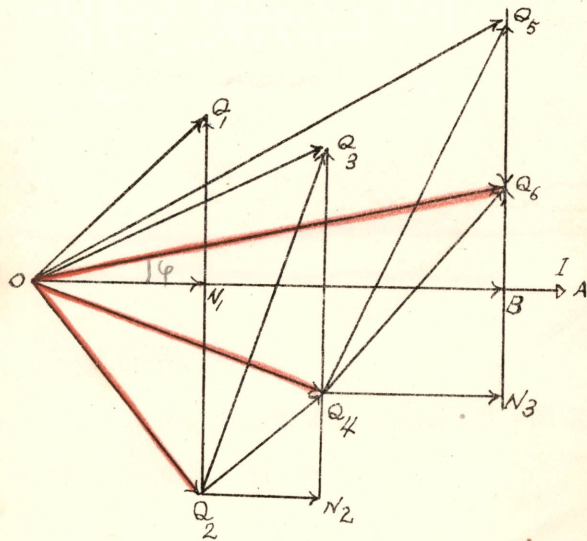


1. 電流が與へラレテ起電力ヲ求ムル場合、

直列回路ナルヲ以テ各部ヲ通ズル電流ハ同一ナリ、抵抗ノタメニ要セラルル起電力ハ電流ト同一ノ相ニアリ、「インダクタンス」ノタメニ必要ナル起電力ハ電流ニ對シ 90° 進ニ容量ノタメニ必要ナル起電力ハ電流ヨリモ 90° 遅ル、

第 21 圖ハ此ノ場合ノ圖式的解法ナリ、

第 21 圖



$ON_1 = R_1 I$	$N_1 Q_1 = L_1 \omega I$	$Q_1 Q_2 = \frac{I}{C_1 \omega}$
$N_1 Q_2 = X_1 I$	$O Q_2 = Z_1 I$	
$Q_2 N_2 = R_2 I$	$N_2 Q_3 = L_2 \omega I$	$Q_3 Q_4 = \frac{I}{C_2 \omega}$
$N_2 Q_4 = X_2 I$	$O Q_4 = Z_2 I$	
$Q_4 N_3 = R_3 I$	$N_3 Q_5 = L_3 \omega I$	$Q_5 Q_6 = \frac{I}{C_3 \omega}$
$N_3 Q_6 = X_3 I$	$O Q_6 = Z_3 I$	

$ON_1 \rightarrow R_1 = \text{依テ生ズル電圧降下}$
 $N_1 Q_1 \rightarrow \text{インダクタンス } L_1 = \text{依テ生ズル電圧降下}$
 $Q_1 Q_2 \rightarrow \text{容量 } C_1 = \text{依テ生ズル電圧降下}$

$OQ_2 = Z_1 I \rightarrow \text{φ-part}$

$Q_2 Q_4 \rightarrow \text{φ=part}$

sum $OQ_4 = Z_2 I$

$Q_4 Q_6 \rightarrow \text{φ}_2 \text{ part}$

sum $OQ_6 = Z_3 I$

1. 抵抗、 $R = \text{要スル起電力}$.. 電流ト同一位相.
2. Inductance = 必要ナル起電力.. $I \Rightarrow 90^\circ \text{ go}$
3. 容量 = 必要ナル起電力.. $I \Rightarrow 90^\circ \text{ back}$.

OQ_2, Q_2Q_4, Q_4Q_6 ヲ合成セル「ベクトル」 OQ_6 ハ全回路へ與フベキ電壓ヲ表ハシ φ ハ其ノ相ヲ表ハス、全回路ノ抵抗ヲ R トシ「リアクタンス」ヲ X トシ「イムピーダンス」ヲ Z トス、 OQ_6 即チ ZI ノ I ノ方向ニ平行ナル分力 OB ハ RI ヲ表シ直角ナル分力 BO_6 ハ XI ヲ表ハス、

計算ニヨリテ E ヲ求ムルニハ第 21 圖ヨリ明ラカナル如ク、

$$OB = (R_1 + R_2 + R_3)I$$

$$BO_6 = (X_1 + X_2 + X_3)I$$

$$OQ_6 = \sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2} I = E$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{\Sigma X}{\Sigma R}$$

記號式方法ヲ用フレバ一般ニ直列回路ニ就キテ

$$\begin{aligned} E &= \{(R_1 + jX_1) + (R_2 + jX_2) + (R_3 + jX_3) + \dots\} I \\ &= \{(R_1 + R_2 + R_3 + \dots) + j(X_1 + X_2 + X_3 + \dots)\} I \\ &= (R + jX)I \end{aligned}$$

但シ $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

$$X = X_1 + X_2 + X_3 + \dots$$

而シテ $E = \sqrt{R^2 + X^2} I$

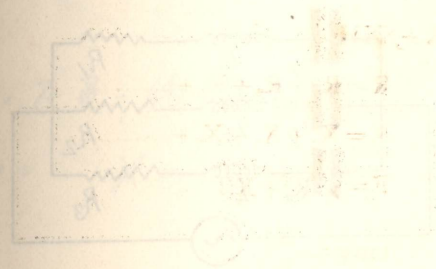
$$\tan \varphi = \frac{X}{R}$$

2. 起電力ガ與ヘラレテ電流ヲ求ムル場合、

算式ニヨレバ前ノ算式ヨリ直チニ

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

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{X}{R}$$



圖上ニテ定ムルニハ第 21 圖ニテ OQ_0 ガ與ヘラレタルモノナルヲ以テ直線 OA ヲ OQ_0 ニ對シ ϕ 角ヲナシテ引ク、但シ ϕ ハ「イムピーダンス」ノ三角形ヨリ得ラル是ニ由リテ直角三角形 OQ_0B ガ定マル、從ツテ OB 即チ RI ガ知ラルル、之ヲ R ニテ除スレバ I ヲ得、 I ガ定マレルヲ以テ各部ノ電壓ハ前ノ場合ト全く同様ニシテ求メラル、

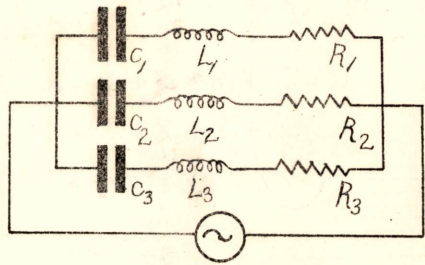
一九、並列回路、

第 22 圖ニ示セル如キ並列回路ノ問題ヲ解カントス、各分岐線路ノ兩端間ノ電壓ハ同一ナリ、

1. 電壓 E ヲ與ヘテ各部ノ電流ヲ求ムル場合、

第 23 圖ハ此ノ場合ノ圖式的解法ヲ示セルモノナリ、

第 22 圖



E ヲ表ハスベキ「ベクトル」ヲ OA トス、 OA ヲ直徑トシ圓ヲ畫ケバ各分岐線路ノ起電力ノ三角形ハ總テ此ノ圓ニ内接ス、「イムピーダンス」ノ三角形又ハ計算ニヨリテ

$$\phi_1 = \tan^{-1} \frac{X_1}{R_1} = \tan^{-1} \frac{L_1\omega - \frac{1}{C_1\omega}}{R_1}$$

$$I_1 = Y_1 E = g_1 E - j b_1 E \quad Y_1 = g_1 - j b_1$$

$$I_2 = g_2 E - j b_2 E \quad Y_2 = g_2 - j b_2$$

$$I_3 = g_3 E - j b_3 E \quad Y_3 = g_3 - j b_3$$

$$g = \sum g_i$$

$$b = \sum b_i$$

$$Y = g - j b$$

$$= \sum g_i - j \sum b_i$$

$$Y = \sqrt{g^2 + b^2}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{b}{g}$$

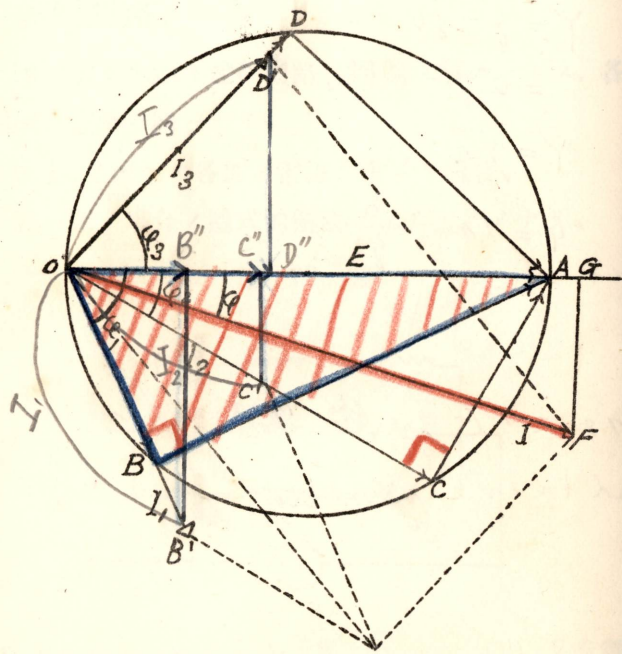
リアクタンスノ正負 = 依リ電流... *lead* \tan^{-1}

lead \tan^{-1}

$$X = L\omega - \frac{1}{C\omega}$$

ヲ求メ ϕ_1 ガ進ミノ角カ遅ノ角カニ從ヒテ適當ニ OB ヲ AO ト
角 ϕ_1 ヲナス如クニ引ク、OB ガ圓周ト交ハル點ヲ B トス、B ト
A トヲ結ベバ第一ノ分岐回路ニ對スル起電力ノ三角形 OBA ヲ
得、OB ハ $R_1 I_1$ ヲ表ハシ BA ハ $X_1 I_1$ ヲ表ハス、OB ノ長ヲ測
リ $R_1 I_1$ ヲ知リ之ヲ R_1 ニテ除スレバ I_1 ヲ得ベシ、 I_1 ノ方向ハ

第 23 圖



OB ノ方向ナリ、OB' ヲ以テ I_1 ヲ表ハス、同様ニシテ I_2, I_3 等ヲ
定メ其ノ「ベクトル」和ヲ求ムレバ全電流 I ハ定メラル、圖ニ於
テ OF ハ I ヲ表ハシ角 AOF ハ I ノ相ヲ與フ、

此ノ問題ヲ計算ニ依リテ解ケバ次ノ如シ、

$$OA = E$$

$$E = R_1 I_1 + j X_1 I_1$$

$$I_1 = \frac{E}{\sqrt{R_1^2 + X_1^2}} = \frac{E}{Z_1}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{X_1}{R_1}$$

$$OB = R_1 I_1, BA = X_1 I_1$$

$$OB' = I_1, OC' = I_2, OD' = I_3$$

∴ OF → Total Current

I ノ OA ノ方向ノ分力ヲ OG トスレバ

$$\begin{aligned} OG &= I_1 \frac{R_1}{Z_1} + I_2 \frac{R_2}{Z_2} + I_3 \frac{R_3}{Z_3} \\ &= \frac{ER_1}{Z_1^2} + \frac{ER_2}{Z_2^2} + \frac{ER_3}{Z_3^2} \\ &= E(g_1 + g_2 + g_3). \end{aligned}$$

I ノ OA ノ直角ノ方向ノ分力ヲ GF トスレバ

$$\begin{aligned} GF &= -I_1 \frac{X_1}{Z_1} - I_2 \frac{X_2}{Z_2} - I_3 \frac{X_3}{Z_3} \\ &= -\frac{EX_1}{Z_1^2} - \frac{EX_2}{Z_2^2} - \frac{EX_3}{Z_3^2} \\ &= -E(b_1 + b_2 + b_3). \end{aligned}$$

故ニ

$$\begin{aligned} OF &= I = E \sqrt{(\Sigma g)^2 + (\Sigma b)^2} \\ \varphi &= \tan^{-1} \frac{\Sigma b}{\Sigma g}. \end{aligned}$$

Σb ガ正號ナルトキ I ハ E ヨリモ遅レ負號ナルトキハ I ハ E ヨリモ進メルモノナリ、與ヘラレタル並列回路ハ「コンダクタンス」 Σg 、「サツセブタンス」 Σb ナル單一ナル回路ト等價ナリ、等價「コンダクタンス」、等價「サツセブタンス」ヲ夫々 g, b トスレバ

$$g = g_1 + g_2 + g_3 + \dots$$

$$b = b_1 + b_2 + b_3 + \dots$$

等價「アドミッタンス」ヲ Y トスレバ

$$Y = \sqrt{g^2 + b^2}$$

記號式方法ヲ用フレバ

$$I = \frac{E}{Z} \quad \frac{R_1}{Z_1^2} = g_1$$

$$\begin{cases} \Sigma b > 0 - I \text{ ハ } E \text{ ヨリモ遅ル} \\ \Sigma b < 0 - I \text{ ハ } E \text{ ヨリモ進ム} \end{cases}$$

$$I = Y E$$

$$= (g - jb) E$$

$$= gE - jbE$$

↓

OG

↓

GF

$$\rightarrow B'B'' + C'C'' + D'D''$$

$$OB'' + OC'' + OD''$$

$$I_1 = (g_1 - jb_1)E$$

$$I_2 = (g_2 - jb_2)E$$

$$I_3 = (g_3 - jb_3)E$$

.....

.....

$$I = I_1 + I_2 + I_3 +$$

$$= \{(g_1 + g_2 + g_3 + \dots) - j(b_1 + b_2 + b_3 + \dots)\}E$$

$$= (g - jb)E$$

$$I = \sqrt{g^2 + b^2} E$$

$$\tan \varphi = \frac{b}{g}$$

但シ

$$g = g_1 + g_2 + g_3 + \dots$$

$$b = b_1 + b_2 + b_3 + \dots$$

2. I が與ヘラレテ E を求メ各分岐電流 I_1, I_2 等ヲ求ムル場合、

E を定ムルニハ次ノ計算ニヨルベシ、

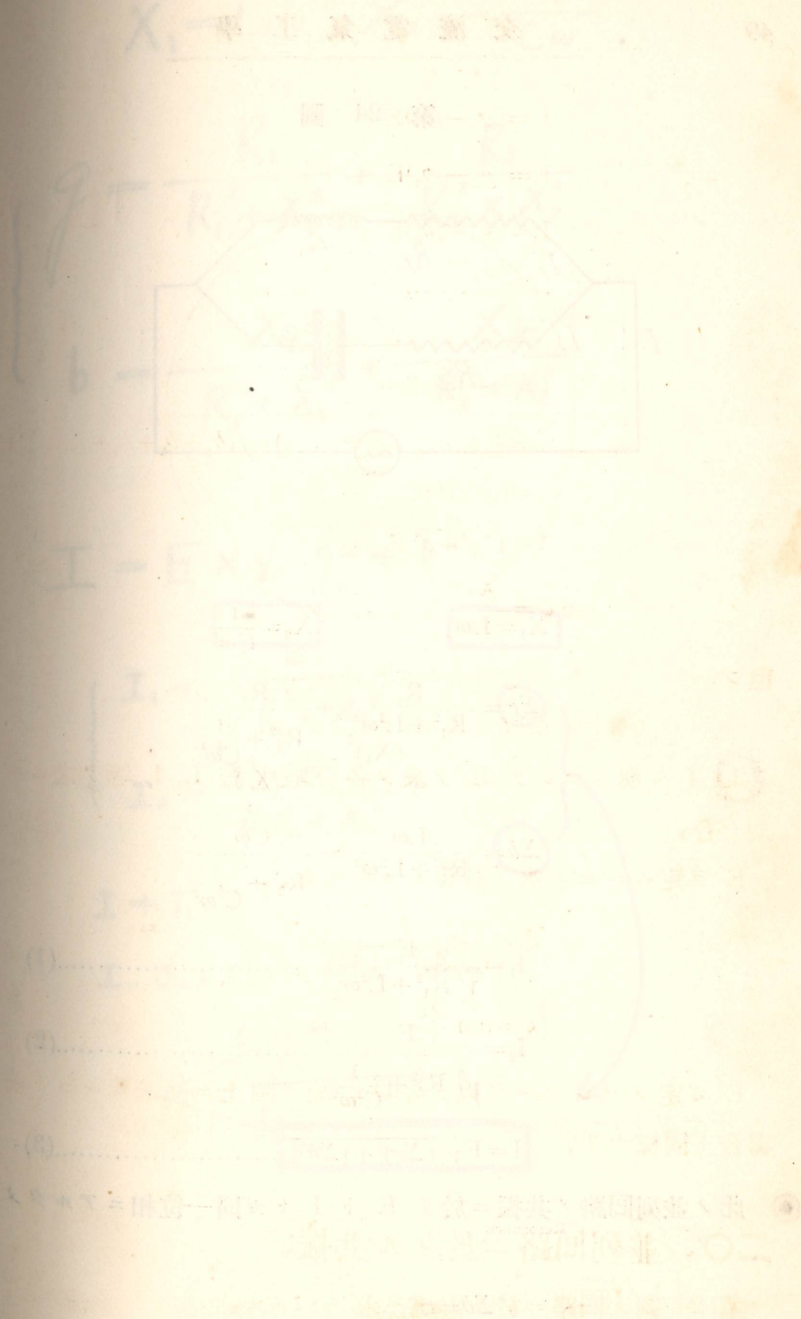
$$E = \frac{I}{\sqrt{(\Sigma g)^2 + (\Sigma b)^2}}$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{\Sigma b}{\Sigma g}$$

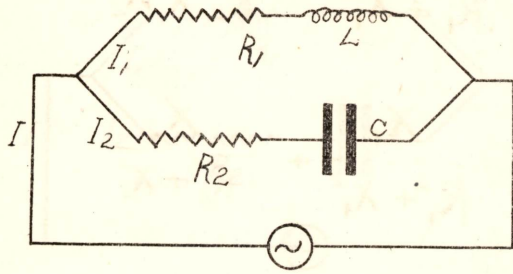
E が定メラレタルヲ以テ分岐電流ヲ圖上ニテ求ムルコト前ノ場合ト同様ナリ、

二〇、並列回路ニ於ケル共振、

第 24 圖ノ回路ニ於テ電流ヲ求メントス、



第 24 圖



$X_1 = L\omega$

$X_2 = -\frac{1}{C\omega}$

$\Sigma g = \frac{R_1}{R_1^2 + L^2\omega^2} + \frac{R_2}{R_2^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}}$

$\Sigma b = \frac{L\omega}{R_1^2 + L^2\omega^2} - \frac{\frac{1}{C\omega}}{R_2^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}}$

$I_1 = \frac{E}{\sqrt{R_1^2 + L^2\omega^2}} \dots\dots\dots(1)$

$I_2 = \frac{E}{\sqrt{R_2^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}}} \dots\dots\dots(2)$

$I = E\sqrt{(\Sigma g)^2 + (\Sigma b)^2} \dots\dots\dots(3)$

◎ 此ノ並列回路ノ共振ニ於テ E ト I トガ同一位相ニアルタメニ
Resonance

$\Sigma b = 0$

$X_1 = L\omega, X_2 = -\frac{1}{C\omega}$

$g = \frac{R_1}{R_1^2 + X_1^2} + \frac{R_2}{R_2^2 + X_2^2}$

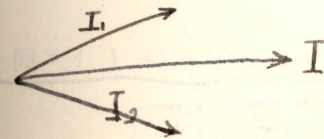
$b = \frac{X_1}{R_1^2 + X_1^2} + \frac{X_2}{R_2^2 + X_2^2}$

$I = E \times \sqrt{g^2 + b^2}$

$I_1 = \frac{E}{\sqrt{R_1^2 + X_1^2}}$
 $I_2 = \frac{E}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}}$

$I \neq I_1 + I_2$

I.. $I_1 + I_2$ の矢量和



即チ

$$\frac{L\omega}{R_1^2 + L^2\omega^2} - \frac{\frac{1}{C\omega}}{R_2^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}} = 0 \dots\dots\dots(4)$$

$$\frac{L\omega}{R_1^2 + L^2\omega^2} - \frac{C\omega}{R_2^2 C^2\omega^2 + 1} = 0$$

$$\omega[LC\omega^2(CR_2^2 - L) - (CR_1^2 - L)] = 0 \dots\dots\dots(5)$$

 $\omega = 0$ 即チ $f = 0$, 又ハ

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{\frac{CR_1^2 - L}{CR_2^2 - L}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{\frac{CR_1^2 - L}{CR_2^2 - L}} \dots\dots\dots(6)$$

(5) 式ニヨリ知ラルル如ク、

$$R_1 = R_2 = \sqrt{\frac{L}{C}} \dots\dots\dots(7)$$

ナル場合ニ ω 即チ f ノ如何ニ關セズ (5) ハ成立ス、即チ (7) ノ
關係ガ成立スルトキハ周波數ニ無關係ニ恰モ無誘導回路ノ如クナ
リテ

$$\Sigma b = 0, \quad \Sigma g = \frac{1}{R_1}$$

$$I = \frac{E}{R_1}, \quad \varphi = 0$$

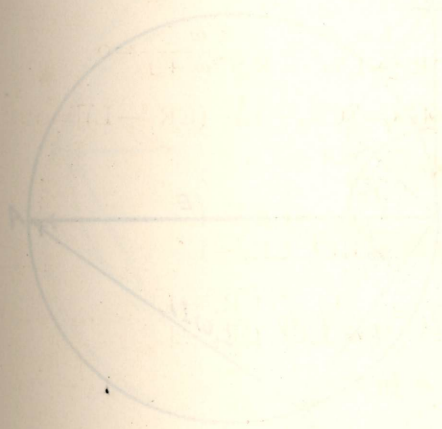
(6) 式ハ (7) ノ成立セザル場合 E ト I トヲ同一位相ニアラシ
ムル周波數ヲ與フルモノナリ、

 $R_2 = 0$ ナルトキ

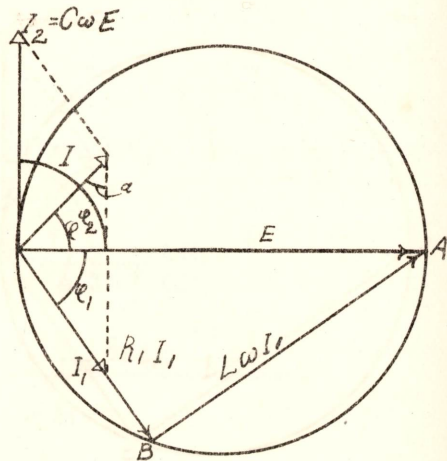
$$I_1 = \frac{E}{\sqrt{R_1^2 + L^2\omega^2}}$$

$$I_2 = C\omega E$$

C, R, L → 回路定數



第 25 圖



第 25 圖ハ此ノ場合ノ「ベクトル」關係ヲ示セルモノナルガ

$$\frac{I}{I_1} = \frac{\cos \varphi_1}{\sin \alpha}$$

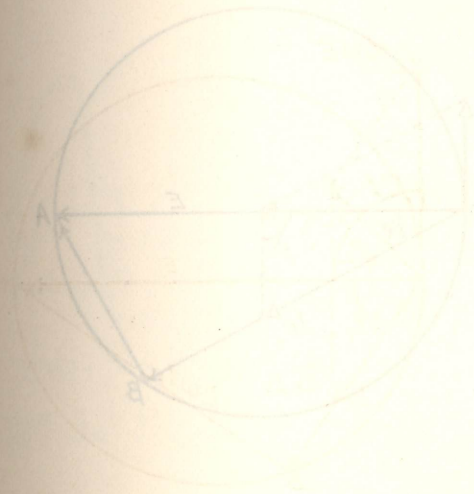
φ_1 ハ C ニ關係ナキヲ以テ

$$\alpha = \frac{\pi}{2}$$

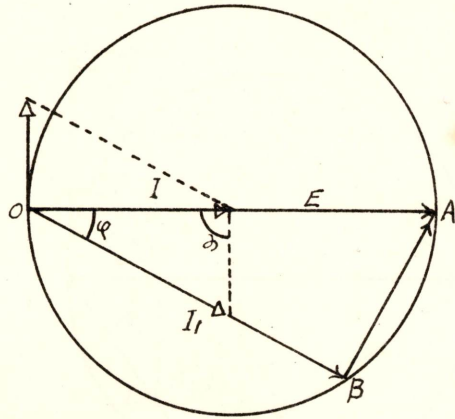
ナルトキ I_1 ハ最大ナリ、而シテ此ノ場合 E ト I トハ同位相ニ
アリテ「ベクトル」關係ハ第 26 圖ニ示セルガ如シ、並列ニ入ル
ベキ蓄電器ノ容量ハ (5) ヨリ得ラルル如ク

$$C = \frac{L}{R_1^2 + L^2 \omega^2}$$

ナリ、



第 26 圖



$R_1=R_2=0$ ナルトキ

$$I = \left(\frac{1}{L\omega} - C\omega \right) E$$

若シモ

$$\frac{1}{L\omega} - C\omega = 0$$

從ツテ

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

此ノ場合ノ共振周波數ハ直列回路ノ場合ニ同ジ、而シテ

$$I = 0$$

$$I_1 = I_2 = \frac{E}{L\omega} = C\omega E$$

支回路ニハ $I_1=I_2$ ノ電流ガ存スルモ主幹線回路ニハ電流ナシ、是

亦電氣共振現象ナリ、直列ノ場合ノ電壓共振ニ對シ電流共振ト云フ、
Voltage resonance Current resonance

二一、單相式電力、

電力ノ瞬時値ヲ w トスレバ
Power

$w = EI$

全週期ニ於ケル電力ノ平均値ヲ W トスレバ

$$W = \frac{1}{T} \int_0^T e i dt = \frac{1}{T} \int_0^T w dt$$

電壓及電流ノ實効値ヲ夫々 E, I トス、 W ト乘積 EI トノ比ヲ
 力率ト云フ、此ノ比ハ I ニ等シキカ又ハ I ヨリ小ナリ、之ヲ
Power factor
 $\cos \varphi$ ニテ表ハス、即チ

力率 = $\frac{W}{EI} = \cos \varphi$

$\angle I$
 sin wave = $k \sin \omega t$
 $\varphi = \dots$ 遅れ

從テ

$W = EI \cos \varphi$

EI ヲ皮相電力ト云ヒ、之ニ對シテ W ヲ實効電力ト云フ、實効電力ハ Watt 又ハ Kilowatt ノ單位ヲ以テ表シ、皮相電力ハ Volt-ampere 又ハ Kilovolt-ampere ヲ以テ示ス、

電壓並ニ電流ガ正弦波ナル場合、即チ

$e = \sqrt{2} E \sin \omega t$

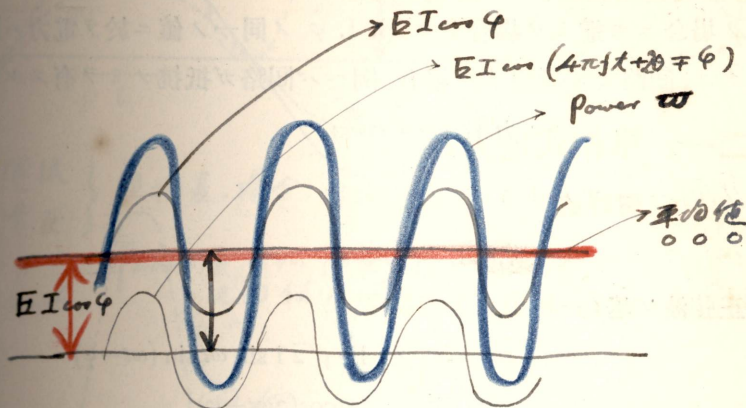
$i = \sqrt{2} I \sin (\omega t \mp \varphi)$

$W = \frac{1}{T} \int_0^T e i dt = \frac{\sqrt{2} E \cdot \sqrt{2} I}{T} \int_0^T \sin \omega t \sin (\omega t \mp \varphi) dt$

$= \frac{\sqrt{2} E \cdot \sqrt{2} I}{2} \cos \varphi$

$= EI \cos \varphi$

- : lag
 + : lead



$W = EI \cos \varphi$

φ : 電流ト電壓トノ
 異相差 + φ .

$w = e i$

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

$i = \sqrt{2} I \sin (2\pi f t + \theta \mp \varphi)$

$W = 2 EI \sin (2\pi f t + \theta) \sin (2\pi f t + \theta \mp \varphi)$

$= EI \{ \cos \varphi - \cos (4\pi f t + 2\theta \mp \varphi) \}$

$= \frac{EI \cos \varphi}{\text{変比セズ}} - \frac{EI \cos (4\pi f t + 2\theta \mp \varphi)}{\text{2倍、同位數}}$

此ノ場合ニ力率ハ e ト i トノ相差 φ ノ餘弦ニ等シ、又 φ ガ遅レノ場合ニモ進ミノ場合ニモ E, I, φ ノ同一ノ値ニ於テ電力ハ同一ナリ、回路ガ無誘導ナル場合、例ヘバ回路ガ抵抗ノミヲ有スルトキ

$$\text{力率} = \cos \varphi = 1.$$

又 φ ハ $\frac{\pi}{2}$ ナルトキ

$$W = 0$$

正弦波ノ場合ニ

$$\begin{aligned} w &= ei = \sqrt{2} E \cdot \sqrt{2} I \sin \omega t \sin (\omega t - \varphi) \\ &= EI [\cos \varphi - \cos (2\omega t - \varphi)] \\ &= W \left[1 - \frac{\cos (2\omega t - \varphi)}{\cos \varphi} \right] \end{aligned}$$

故ニ w ノ曲線ハ二倍周波數ノ曲線ニシテ其ノ Ordinate ハ定數トナル

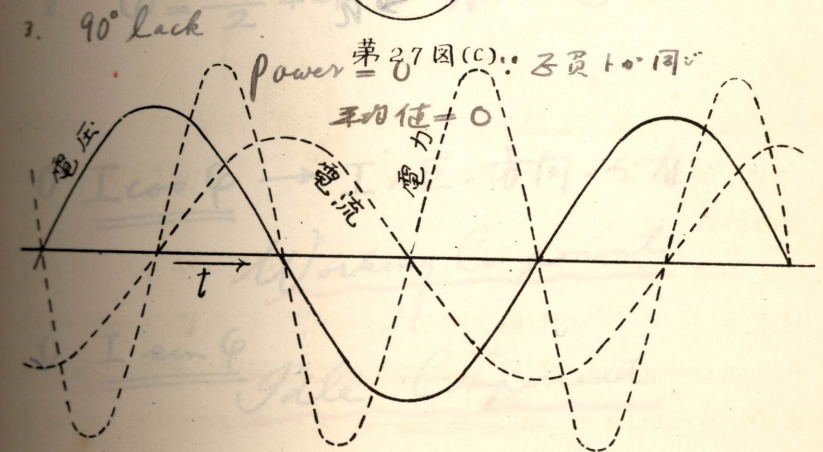
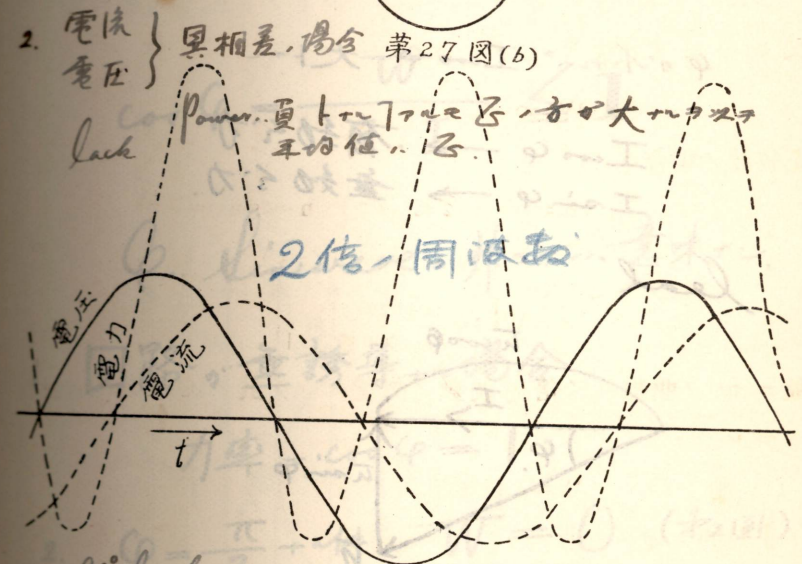
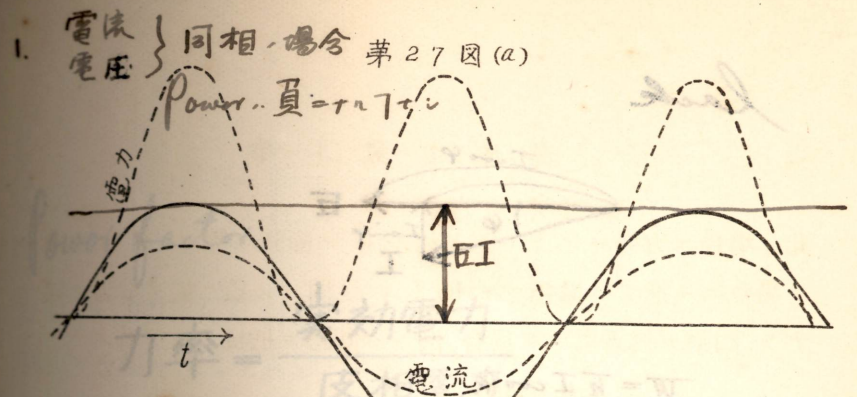
$$W = EI \cos \varphi$$

ト正弦的ニ變ズル所ノ

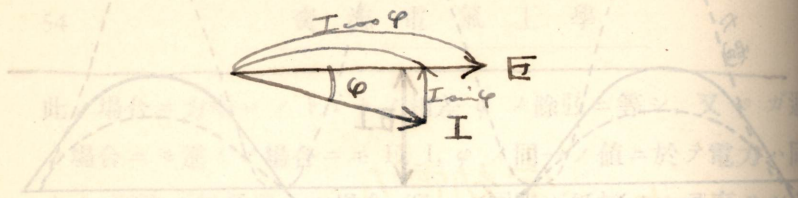
$$-\frac{W}{\cos \varphi} \cos (2\omega t - \varphi)$$

トノ和ナリ、第 27 圖 (a) ハ無誘導回路、同圖 (b) ハ Reactive circuit、同圖 (c) ハ Reactive circuit ニシテ $W = 0$ ナル場合ノ電力曲線ナリ、

正弦波ニ於テ W ハ E ト I ノ E ノ方向ノ分力トノ乘積ト見ラル、 I ノ E ノ方向ノ分力 $I \cos \varphi$ ヲ I ノ Watt component, Active component 又ハ Working component ト云フ、 $I \sin \varphi$ ヲ Wattless component, Idle component 又ハ Magnetizing current ト云フ、



lag

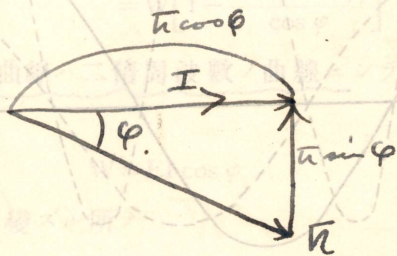


$$W = \sqrt{2} I \cos \phi$$

ϕ の小 $\rightarrow I \cos \phi$.. 大 \rightarrow

$I \cos \phi \rightarrow$ 有効電力
 $I \sin \phi \rightarrow$ 無効電力

lead



Power factor

$$\text{力率} = \frac{\text{実効電力}}{\text{皮相電力}}$$

$$\cos \phi = \frac{W}{E \cdot I} \leq 1$$

ϕ .. Sin wave = 非 \rightarrow 意味 \rightarrow

1. 回路の無誘導の場合

$$\text{力率} = \cos \phi = 1.$$

2. $\phi = \frac{\pi}{2} + n\pi$ $W = 0$ (非回路)

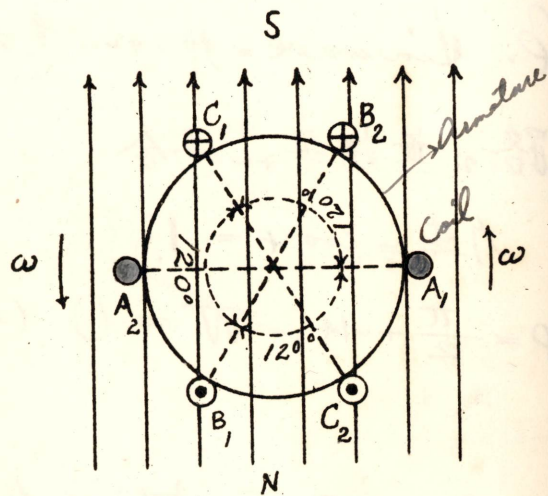
$I \cos \phi$ \rightarrow I, E 方向の電力
Working Component.

$I \sin \phi$ Idle Component.

二二、多相式、

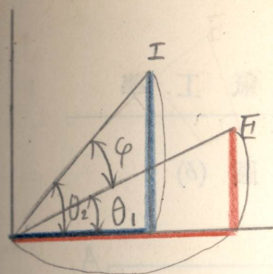
第 28 圖 (a) に示セルガ如ク三個ノ線輪 A_1A_2, B_1B_2, C_1C_2 が發電機ノ發電子上ニ 120° 宛ヲ隔テテ配置セラレ一様ナル磁場 NS ノ中ニテ角速度 ω ヲ以テ廻轉セルモノトス、第五節ニ述ベタル如ク各線輪ニハ正弦變化ノ起電力ヲ生ズ、

第 28 圖 (a)



導體 A_1, B_1, C_1 に於テハ \oplus ノモノヲ、又導體 A_2, B_2, C_2 に於テハ \odot ノモノヲ正號ノ起電力トシ、各線輪ノ起電力ノ正負ノ向キハ夫々ノ線輪ノ導體ノ正負ノ向キト一致スルモノト定ム、是等ノ向キノ約束ハ第 28 圖 (b) ニテ示セルガ如シ、

問題



$$\left. \begin{aligned} E &= E_1 + j E_2 \\ I &= I_1 + j I_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\left\{ \begin{aligned} E I \cos \varphi &= \int_1 (E_1, E_2, I_1, I_2) \\ E I \sin \varphi &= \int_2 (E_1, E_2, I_1, I_2) \end{aligned} \right.$$

(解)

$$\cos \varphi = \cos(\theta_2 - \theta_1) = \cos \theta_1 \cos \theta_2 + \sin \theta_1 \sin \theta_2$$

$$\cos \theta_1 = \frac{E_1}{\sqrt{E_1^2 + E_2^2}} \quad \sin \theta_1 = \frac{E_2}{\sqrt{E_1^2 + E_2^2}}$$

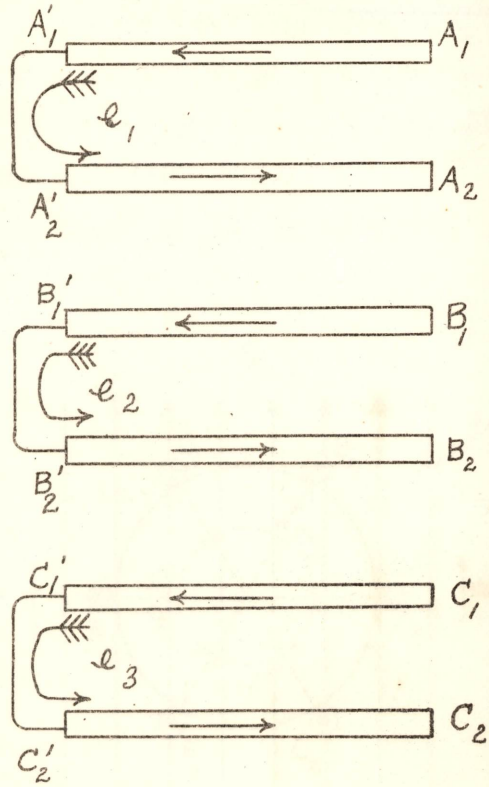
$$\cos \theta_2 = \frac{I_1}{\sqrt{I_1^2 + I_2^2}} \quad \sin \theta_2 = \frac{I_2}{\sqrt{I_1^2 + I_2^2}}$$

$$\therefore \cos \varphi = \frac{E_1 I_1 + E_2 I_2}{\sqrt{E_1^2 + E_2^2} \sqrt{I_1^2 + I_2^2}} = \frac{E_1 I_1 + E_2 I_2}{E I}$$

$$\therefore E I \cos \varphi = E_1 I_1 + E_2 I_2$$

$$\text{同様} = E I \sin \varphi = E_1 I_1 - E_2 I_2$$

第 28 圖 (b)



導體 B_1 ノ起電力ノ相ハ A_1 ノ起電力ヨリモ 120° 遅レ、 C_1 ノ起電力ハ A_1 ノ起電力ヨリモ 240° 遅ル、從ツテ線輪 B_1B_2 ノ起電力ハ A_1A_2 ノ起電力ヨリモ 120° 遅レ、 C_1C_2 ノ起電力ハ A_1A_2 ノ起電力ヨリモ 240° 遅ル、線輪 A_1A_2 、 B_1B_2 、 C_1C_2 ノ起電力ヲ夫々 e_1 、 e_2 、 e_3 トシ、 e_1 ガ零ニシテ正號ノ向キニ増加セントスル時刻ヲ時間ノ始トスレバ

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

各線輪が負荷ニヨリ夫々單獨ニ閉電路ヲナスモノトシ、夫々ノ電流ヲ i_1, i_2, i_3 トスレバ

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= \sqrt{2} I \sin (\omega t - \varphi_1) \\ i_2 &= \sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi_2 \right) \\ i_3 &= \sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} - \varphi_3 \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

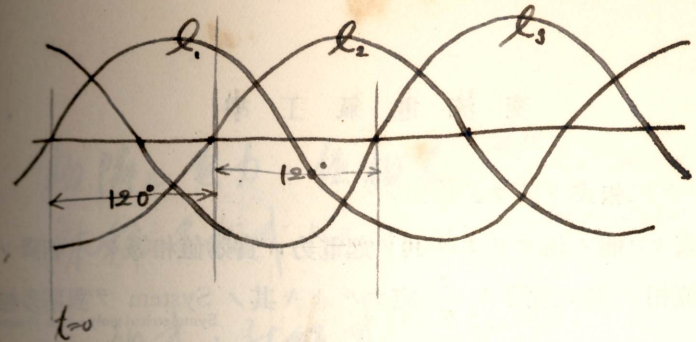
此ノ如ク同一ノ周波數ノ互ニ相ヲ異ニセル數多ノ起電力アリテ等シキ周波數ノ相ノ互ニ異ナレル數多ノ電流ヲ生ズルトキ此ノ System Polyphase system ヲ多相式ト云フ、(1), (2) ハ三相式ト稱スル所ノモノナリ、茲ニ相ト稱スルハ從來述ベタル位相又ハ單ニ相ト稱スルモノトハ其ノ意味ヲ異セリ、茲ニ所謂相トハ從來ノ意味ニ於ケル位相即チ相ノ種々異ナレル多クノ回路ノ System 即チ多相式ヲ組立ツル所ノ各線輪又ハ回路ヲ呼ブモノナリ、

發電子上ニ二組ノ線輪ガ 90° ヲ隔テテ配置セラレタルトキ各線輪ノ誘導起電力ハ夫々

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

又電流ハ夫々

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= \sqrt{2} I \sin (\omega t - \varphi_1) \\ i_2 &= \sqrt{2} I \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} - \varphi_2 \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$



(3), (4) ヲ二相式ト云フ、

Two phase system

多相式ガ q 個ノ相ヨリナリ其ノ起電力ノ實効値相等シク、相隣ノ相ノ位相ノ差ガ週期ノ $\frac{1}{q}$ 宛ナルトキ其ノ System ヲ對稱多相式ト云フ、前掲ノ三相式ハ位相ノ差ガ週期ノ $\frac{1}{3}$ ニシテ對稱多相式ナリ、又二相式ハ位相ノ差ガ週期ノ $\frac{1}{4}$ ニシテ非對稱多相式ナリ、

Symmetrical poly-phase system

Unsymmetrical polyphase system

多相式ノ各相ノ線輪間ニ何等ノ電氣的連結ヲ有セザルモノアリ、又之ヲ有スルモノアリ、前者ヲ獨立式ト云ヒ、後者ヲ結合式ト云フ、

Independent system

Interlinked system

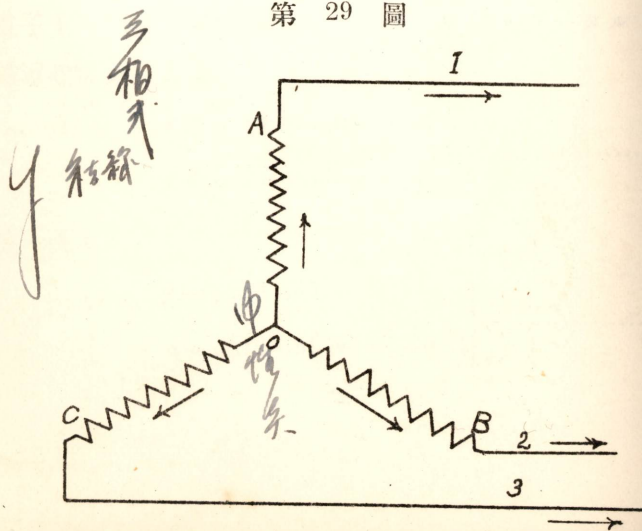
結合式ニ星形結線及環狀結線ト稱スルモノトアリ、環狀結線ハ網狀結線トモ云フ、星形結線ニテハ各相ノ線輪ノ出發點ガ一點ニ結ビ附ケラル、此ノ點ヲ中性點ト云フ、此ノ點ハ他ニ連結セラレ又他ノ中性點ニ結バレ、又ハ絶縁セラレ、第 29 圖ハ三相星形結線ヲ示セルモノニテ 0 ハ中性點ナリ、三相式ニテハ其ノ星形結線ヲ特ニ Y 結線ト云フ、網狀結線ニテハ各相ノ線輪ノ出發點ヲ次ノ相ノ終點ニ結ベルモノニシテ各相ノ線輪ハ直列ニ連結セラレ、

Star-connected system Ring-connected system

Mech-connected system

Neutral point

第 29 圖



相隣ノ電力、位相差 $\frac{2\pi}{q}$ ナリ
對稱多相式ト云フ。

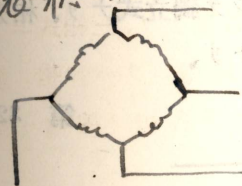
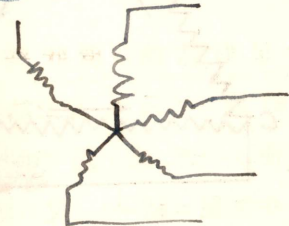
二相式.. 計箱式ヲ得ズ。

電氣的連結ヲ有スルニ、結合式
" 有セザルニ、獨立式

結合式

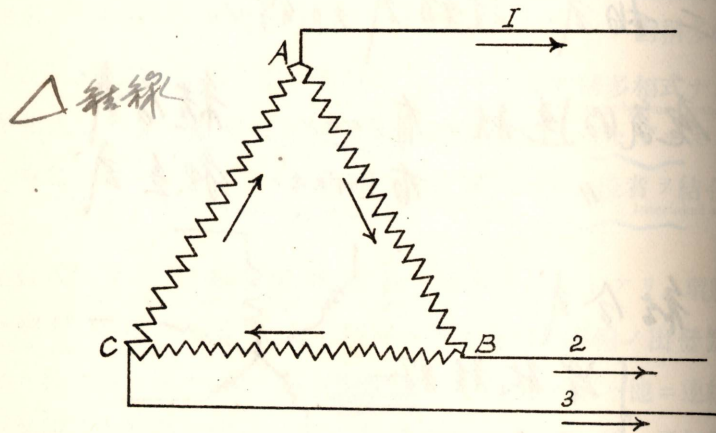
星狀結線

環狀



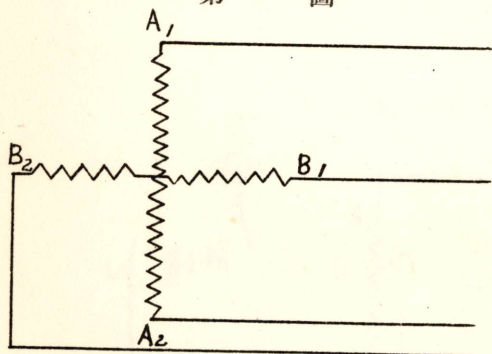
第 30 圖ハ三相式網狀結線ナリ、三相式ニテハ此ノ結線ヲ特
 △結線ト云フ、

第 30 圖

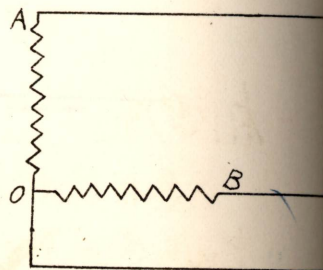


第 31 圖ハ四線二相式ニシテ獨立式ナリ、相差ハ $\frac{\pi}{2}$ ナリ、第
 32 圖ハ三線二相式ノ結合式ナリ、

第 31 圖



第 32 圖



各相線輪ノ兩端間ノ電壓ヲ相電壓ト云ヒ外方へ導ケル線ト線ト
 Phase pressure

○相電壓

各相線輪、兩端間、電圧。

○線内電壓

外方へ導ケル線ト線ト、内、電圧。

ノ間ノ電壓ヲ線間電壓ト云フ、各相ノ線輪ヲ通ズル電流ヲ相電流
Line pressure Phase current
 ト云ヒ、外方へ導ケル線ヲ通ズル電流ヲ線電流ト云フ、又星狀電壓
Line current Star voltage
 環狀電壓ナル語ヲ用フルコトアリ、星狀電壓ハ中性點ト一ツノ線
Ring voltage
 路トノ間ノ電壓ニシテ環狀電壓ハ線路ト其ノ隣リノ線路トノ間ノ
 電壓ナリ、三相式ニテハ星狀電壓ヲ Y 電壓ト云ヒ、環狀電壓ヲ
 △ 電壓ト云フ、同様ニ星狀電流或ハ Y 電流及環狀電流或ハ △
 電流ナル語アリ、

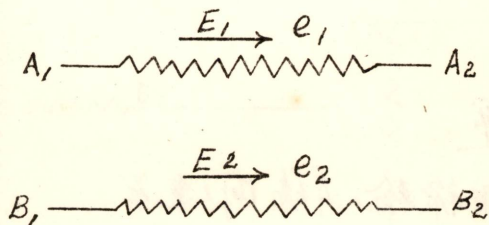
二三、各種結線ニ於ケル電壓電流、

第 33 圖 (a) ハ線輪 A_1A_2, B_1B_2 ニシテ、 A_1A_2 ニ於ケル電壓ヲ
 E_1, B_1B_2 ニ於ケル電壓ヲ E_2 トシ夫々ノ正ノ向キヲ矢ニテ示セル
 如ク定メタリトス、而シテ E_2 ハ E_1 ニ對シ α ダケ遅レルモノト
 ス、

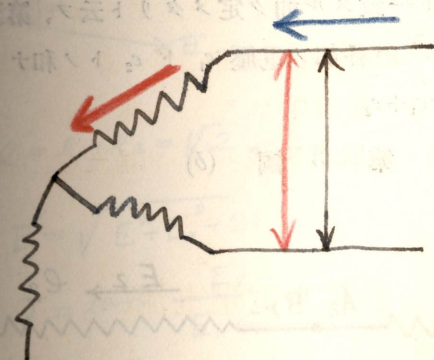
$$\begin{cases} t=0 \\ e_1=0 \end{cases} \quad \begin{aligned} e_1 &= \sqrt{2} E_1 \sin \omega t \\ e_2 &= \sqrt{2} E_2 \sin (\omega t - \alpha) \end{aligned}$$

生
 成
 矢

第 33 圖 (a)



相電流
 線電流



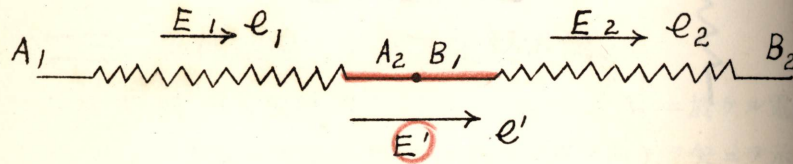
一般ニ

$$\begin{aligned} e_1 &= \sqrt{2} E_1 \sin (\omega t + \theta) \\ e_2 &= \sqrt{2} E_2 \sin (\omega t + \theta - \alpha) \end{aligned}$$

第 33 圖 (b) に示セル如ク兩線輪ヲ A_2B_1 に於テ直列ニ連結シタリトス、其ノ兩端 A_1 ト B_2 トノ間ノ電壓ヲ E' トシ其ノ正ノ向キヲ各線輪ノ向キト一致スル如ク定メタリト云フ、第五節ニ述ベタル如ク合成電壓 e' ハ各部ノ電壓 e_1 ト e_2 トノ和ナリ、

$$e' = e_1 + e_2$$

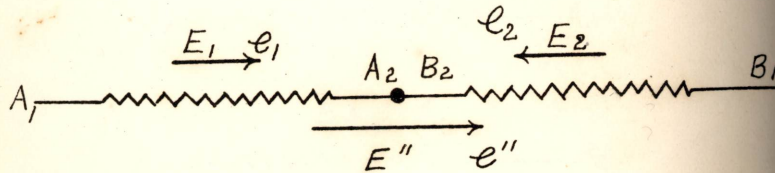
第 33 圖 (b)



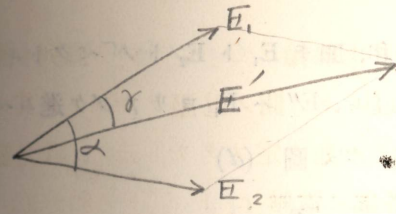
若シ同圖 (c) ノ如ク線輪 B_1B_2 ノ連結ヲ逆ニシテ A_2 ト B_2 トニ於テ連結シタリトシ合成電壓 e'' ノ向キヲ e_1 ト一致スル如ク定メタリトスレバ e'' ハ e_1 ト e_2 トノ差ニシテ

$$e'' = e_1 - e_2$$

第 33 圖 (c)



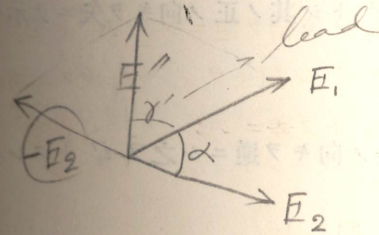
和或ハ差ト云フハ代數的ノ和又ハ差ナリ、上掲ノ二ツノ場合ニツキ E_1, E_2, E', E'' ノ「ベクトル」圖ハ同圖 (d) ニ示スガ如シ、 E' ハ $E_1 + E_2$ トノ「ベクトル」ノ和ナリ、又 E'' ハ E_1 ト E_2 ヲ逆ニ



$$e' = e_1 + e_2 = \sqrt{2} E' \sin(\omega t - \gamma)$$

$$E' = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \alpha} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} [P1]$$

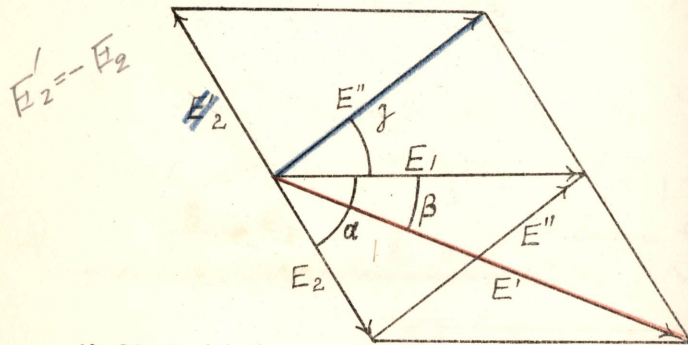
$$\gamma = \tan^{-1} \frac{E_2 \sin \alpha}{E_1 + E_2 \cos \alpha}$$



$$e'' = e_1 - e_2 = \sqrt{2} E'' \sin(\omega t + \gamma')$$

セル E_2 トノ「ベクトル」ノ和、即チ E_1 ト E_2 トノ「ベクトル」ノ差ナリ、 E' ハ E_1 ヨリ β ダケ遅レ、 E'' ハ E_1 ヨリ γ ダケ進ムベシ、

第 33 圖 (d)



第 33 圖 (a) ニ示セル兩線輪ガ同圖 (c) ノ如ク並列ニ速結セラレタリトス、其ノ合成電流ヲ I' トシ其ノ正ノ向キヲ矢ニテ示セル如ク定ムレバ

$$i' = i_1 + i_2$$

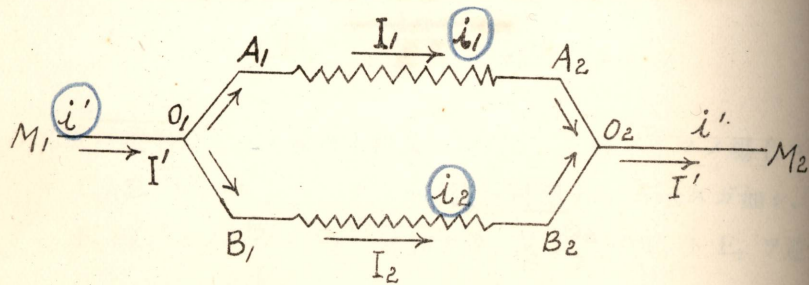
若シモ線輪 $B_1 B_2$ ノ電流ノ正負ノ向キヲ逆ニシ之ヲ i_2' トスレバ

$$i_2' = -i_2$$

而シテ

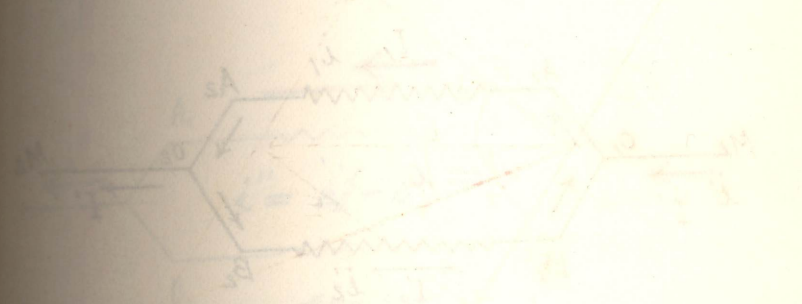
$$i' = i_1 - i_2'$$

第 33 圖 (e)

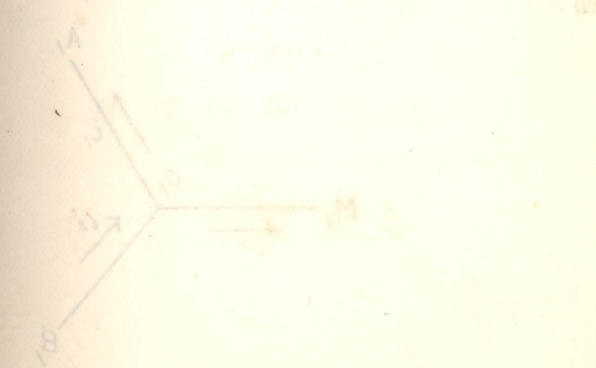


トスルニハ、 E_1 ト E_2 トノ「ベクトル」ノ和、即チ E_1 ト E_2 トノ「ベクトル」ノ差ナリ、 E' ハ E_1 ヨリ β ダケ遅レ、 E'' ハ E_1 ヨリ γ ダケ進ムベシ、

(1) 同図



(2) 同図

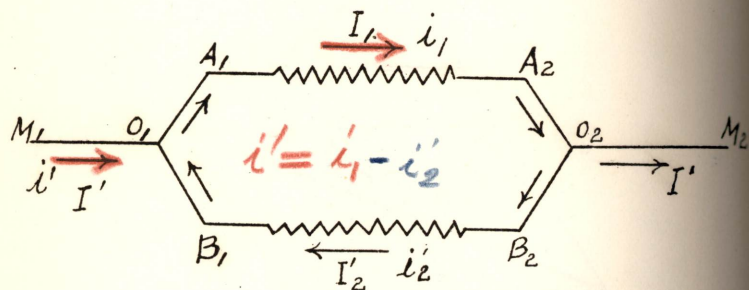


トスルニハ、 E_1 ト E_2 トノ「ベクトル」ノ和、即チ E_1 ト E_2 トノ「ベクトル」ノ差ナリ、 E' ハ E_1 ヨリ β ダケ遅レ、 E'' ハ E_1 ヨリ γ ダケ進ムベシ、

同圖 (f) ニテ示セル場合ナリ、若シ又 i' ノ向キヲ更ニ變ジタ
トシ之ヲ i'' トスレバ

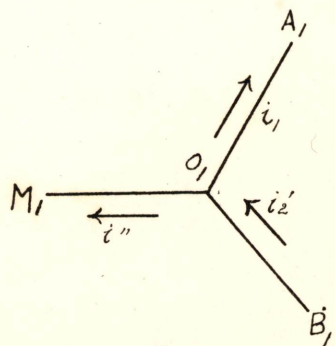
$$i'' = i_2' - i_1$$

第 33 圖 (f)



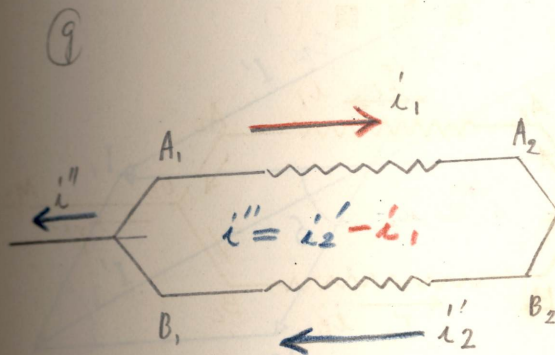
同圖 (g) ノ場合ナリ、是等ノ諸式ハ線輪 A_1A_2, B_1B_2 フ並列ニ接
續スル點 O_1 或ハ O_2 ニ會スル三線ニ存在スル電流ノ關係ヲ表
スモノナルガ各線電流ノ正負ノ向キノ定メ方ガ異ナルタメ是等三
電流ノ關係ヲ示ス式ノ形ヲ異ニスルモノナリ、

第 33 圖 (g)



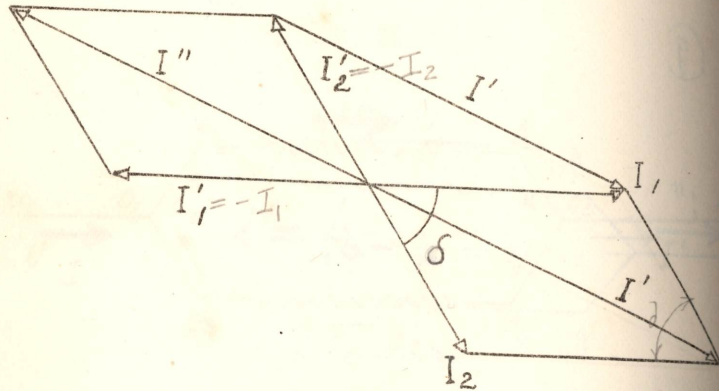
同圖 (h) ハ是等ノ電流ノ「ベクトル」圖ナリ、合成電流ヲ得

(A) 圖 33 節 交流電氣工學



$$i'' = i_2' - i_1$$

第 33 圖 (h)

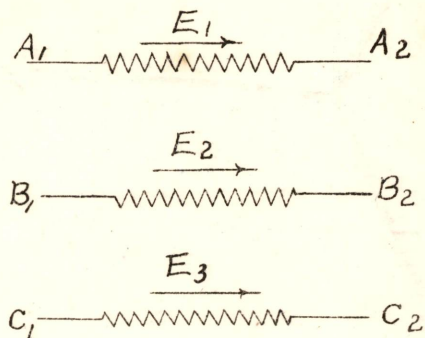


ルニハ正負ノ向キノ定メ方ニ依リテ支線電流ノ「ベクトル」ノ和トナリ、又ハ差トナル、圖ニ於テ δ ハ I_2 ガ I_1 ニ對シ遅ルル角ナリ、 I' ハ I_1 ト I_2 トノ「ベクトル」ノ和、又ハ I_1 ト I_2' トノ「ベクトル」ノ差ナリ、 I' ノ向キヲ逆ニセル I'' ハ I_2' ト I_1 トノ「ベクトル」ノ差ナリ、

第 34 圖 (a) ニ示セル線輪 A_1A_2, B_1B_2, C_1C_2 ハ對稱三相式ヲナスモノトシ電壓ヲ夫々 E_1, E_2, E_3 トシ正負ノ向キハ矢ニテ示セルガ如クニ定ム、 $E_1 = E_2 = E_3 = E$ ナリ、

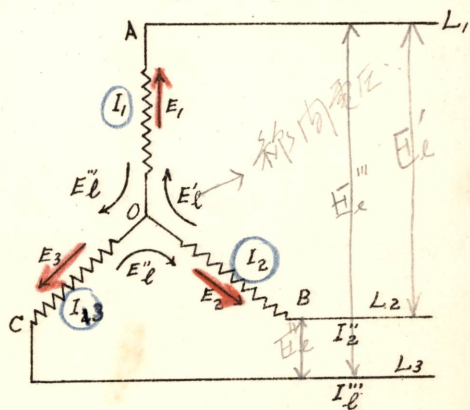
$$\left. \begin{aligned} e_1 &= \sqrt{2} E_1 \sin \omega t \\ e_2 &= \sqrt{2} E_2 \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ e_3 &= \sqrt{2} E_3 \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

第 34 圖 (a)

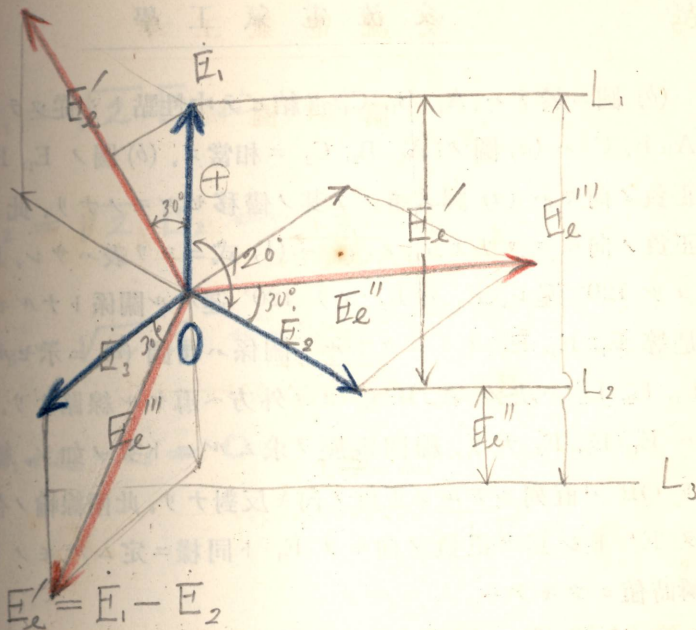


第 34 圖 (b) は同圖 (a) の三個ノ線輪ヲ星形結線即チ Y 結線トナセルモノナリ、 A_1, B_1, C_1 ヲ結ビテ中性點トナスモ A_2, B_2, C_2 ヲ結ビテ中性點トナスモ Y 結線ヲ得、

第 34 圖 (b)



$$E_1 = E_2 = E_3 = E$$



$$E_e' = E_1 - E_2$$

$$\frac{E_e'}{2} = \cos 30^\circ$$

$$\frac{E_e'}{2} = E \cos 30^\circ$$

$$E_e' = 2 E \cos 30^\circ = \sqrt{3} E$$

$$e_e' = \sqrt{2} E_e' \sin(\omega t + 30^\circ)$$

$$e_e' = \sqrt{2} \sqrt{3} E \sin(\omega t + 30^\circ)$$

$$e_e'' = \sqrt{2} \sqrt{3} E \sin(\omega t - 120^\circ + 30^\circ)$$

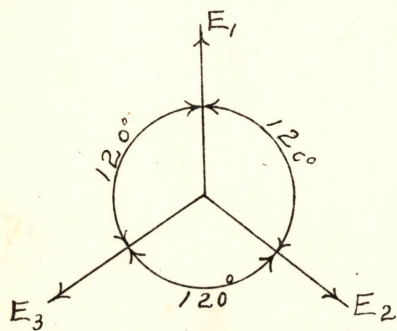
$$e_e''' = \sqrt{2} \sqrt{3} E \sin(\omega t - 240^\circ + 30^\circ)$$

(b) 圖ニ於テハ A_1, B_1, C_1 ヲ結ビテ中性點トシ從ツテ (b) 圖ノ A, B, C ハ (a) 圖ノ A_2, B_2, C_2 ニ相當ス、(b) 圖ノ E_1, E_2, E_3 ノ正負ノ向キハ (a) 圖ノモノヲ其ノ儘移セルモノナリ、此クノ如キ正負ノ向キニヨリテ e_1, e_2, e_3 ハ (1) 式ニヨリ表ハサレ、 E_2 ハ E_1 ヨリ 120° 遅レ、 E_3 ハ E_2 ヨリ 120° 遅ルル關係トナルモノナリ、是等 E_1, E_2, E_3 ノ「ベクトル」關係ハ同圖 (c) ニ示セルガ如シ、 L_1, L_2, L_3 ハ夫々 A, B, C ヨリ外方へ導ケル線路ナリ、相電壓ハ E_1, E_2, E_3 ナリ、線間電壓ヲ求ムルコト次ノ如シ、線輪 OA Line voltage ト OB ハ直列ニアルモ正負ノ向キ反對ナリ、此兩線輪ノ合成電壓ヲ E'_1 トシ其ノ正負ノ向キヲ E_1 ト同様ニ定ムルモノトスルハ瞬時値ニツキテハ

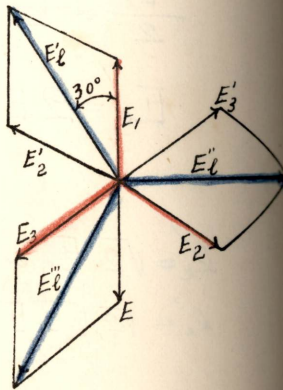
$$e'_1 = e_1 - e_2$$

トナリ、實効値ニツキテハ E'_1 ハ E_1 ト E_2 トノ「ベクトル」ノ差即チ E_1 ト E_2 ヲ逆ニセル E'_2 トノ「ベクトル」ノ和トナル、

第 34 圖 (c)

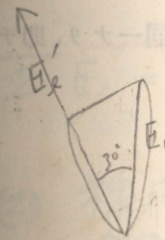


第 34 圖 (d)



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

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0$$



$$\begin{aligned} E'_1 &= 2 E_1 \cos 30^\circ \\ &= E_1 \times 2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \\ &= \sqrt{3} E_1 \end{aligned}$$

第 34 圖 (d) ニ示セルガ如シ、圖ニ依リテ知ラルル如ク

$$E'_1 = 2 E_1 \cos 30^\circ = \sqrt{3} E_1$$

而シテ E'_1 ハ E_1 ヨリ 30° 進メルモノナリ、瞬時値ヲ書き下セバ

$$e'_1 = \sqrt{2} \sqrt{3} E_1 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$$

E'_1 ハ L_1 ト L_2 トノ間ノ線間電壓ナリ、同様ニシテ L_2 ト L_3 トノ間ノ線間電壓 E'_2 、 L_3 ト L_1 トノ間ノ線間電壓 E'_3 ヲ求ムルコトヲ得、(d) 圖ニツキテ見ル如ク、 E'_1 、 E'_2 、 E'_3 ハ大サ等シク且 120° 宛テ隔タル「ベクトル」ニテ表ハサレ對稱三相式ヲナス、前述ノ如ク線間電壓ヲ E_L トシ相電壓ヲ E トスレバ其ノ大サノ關係ハ

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

◎星形結線ニ於テハ線電流ト相電流トハ同一ナリ、即チ L_1 、 L_2 、 L_3 ノ電流ヲ夫々 I'_1 、 I'_2 、 I'_3 トスレバ

$$I'_1 = I_1$$

$$I'_2 = I_2$$

$$I'_3 = I_3$$

中性點 0 ニ於テ i_1 、 i_2 、 i_3 ノ正ノ向キハ皆 0 ヨリ外方ヘ向ヘルヲ以テ

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

即チ

$$i_1 = -(i_2 + i_3)$$

實効値ニツキテハ I_1 、 I_2 、 I_3 ノ合成「ベクトル」ハ零ナリ、即チ是等三電流ノ中ノ二ツノ「ベクトル」和ヲ逆ニセルモノガ他ノ一ツノ電流トナル關係ニアリ、是ニ由テ L_1 、 L_2 、 L_3 ノ任意ノ一線ヲ他ノ二線ノ歸線ト見做スコトヲ得、

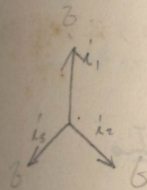
三相星形結線

(1) 線間電壓 = $\sqrt{3}$ 相電壓.

↓
之モ亦對稱三相式ヲナス

$$\sqrt{2} E_L = E_{em}$$

(2) 線間電流 = 相電流



$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

$$i_1 = -(i_2 + i_3)$$

中性點 0 2 2 2 電流ノ流ル

第 35 圖ハ中性線ノ存在セル場合ニシテ L_0 ハ中性線ナリ、中性線ハ獨立式ノ共通歸線ト見做スコトヲ得、中性線ノ電流 i_0 ノ正ノ向キヲ中性點ニ向フ如クニ定ムレバ

$$i_0 = i_1 + i_2 + i_3$$

實効値 I_0 ハ I_1, I_2, I_3 ノ「ベクトル」ノ和ナリ、若シモ

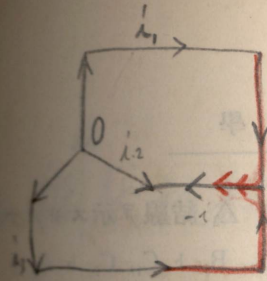
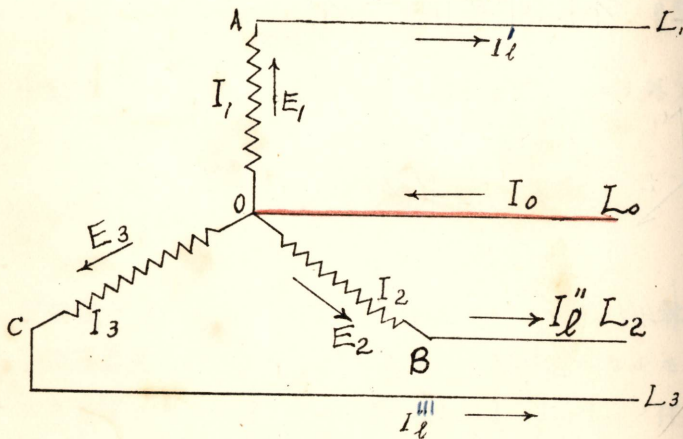
$$\left. \begin{aligned} i_1 &= \sqrt{2} I \sin(\omega t - \varphi) \\ i_2 &= \sqrt{2} I \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi\right) \\ i_3 &= \sqrt{2} I \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3} - \varphi\right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

トスレバ是等ノ三式ヲ加フルニ零トナル、即チ

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \dots\dots\dots(4)$$

實効値ニツキテハ I_1, I_2, I_3 ハ大サ I ニシテ 120° 宛隔テタル三ツノ「ベクトル」トナリテ其ノ合成「ベクトル」ハ零ナリ、即チ(3)ニヨリテ與ヘラルル電流ニツキテ中性線ノ電流ハ零トナルベシ、

第 35 圖



$$i_1 + i_3 = -i_2$$

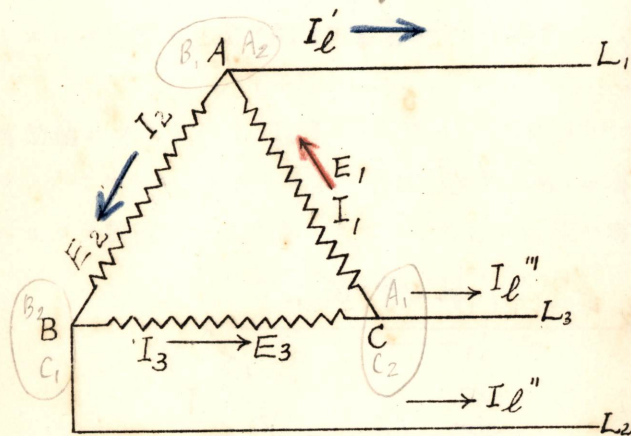
歸線 ($-i_2 \dots i_1 + i_3$ 歸線)

$$\begin{aligned} y_1 &= \sin \theta \\ y_2 &= \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \\ y_3 &= \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \\ \dots\dots\dots \\ y_r &= \sin\left(\theta - (r-1)\frac{2\pi}{3}\right) \\ \dots\dots\dots \\ y_3 &= \sin\left(\theta - (3-1)\frac{2\pi}{3}\right) \\ \dots\dots\dots \\ \sum_{i=1}^3 y_i &= 0 \end{aligned}$$

第 36 圖 (a) は三相式ノ網狀結線、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

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

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

Δ 網狀結線 Δ 結線

① 線内電圧 = 相電圧

$$E_{\Delta} = E$$

L_1, L_2, L_3 の Open circuit
此の場合 回路 = 電流 +

