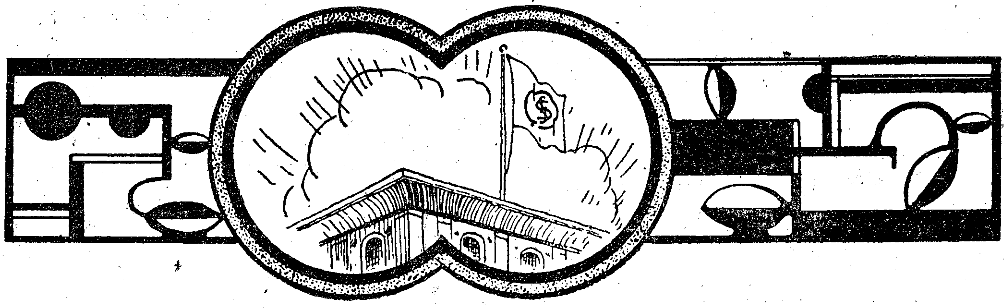


電氣協會規定の圓線圖から誘導電動機の最大出力及び最大力率を求める事に就て

阪　上　俊　雄

(Fusi Denki Seizo K. K. Kawasaki Works)

(1) 序

誘導電動機に圓線圖が用ひられてその特性の總てが一目瞭然に表されそれが如何に世を利し人に益して居るかは敢て喋々の辯を要しない。ハイランド一度之を公にするや世の常として恰も雨後の筍然として圓線圖の變形現れ、あるは之をより精密に表し得たりとなし、あるはより優れたりと云ふもの數々あるが要するに是れ云はば一種のエネルギー變形であつてエネルギーそれ自體にはさまで增減あるなくハイランドの圓線圖昞として高く輝くを見る　電氣協會亦之を採用し之が作製の方法を明示して敢て江湖の使用を慫慂し規畫を統一して世に便せんとして居るのはまことに多とすべきである。

電氣協會規定に從つてハイランド圓線圖を作れば電動機の特性が殘らずわかるべきは勿論であるが如何せん定規とコムパスを要しその所作或は多少煩雜の歎なきにもあらず。よつてこゝに所要の量を豫め既製の曲線中にをさめておき之を無雜作にたどり行くことによつて速こしかも無手にて勝つの筆法により誘導電動機の主要特性たる最大出力即ち過負荷耐量及び最大力率 $\cos\varphi_{max}$ を求めやうとするのがこの目的である。云はば圓線圖の斜面觀である。圓線圖はすべて電氣協會規定に準據して居りその間些の省略をも行つてはゐないことを諒とせられたい、

順は追ひ序には從はねばならぬから以下極く簡單に圓線圖の作法から書いて行くからもし冗と思ひ長と考へる讀者があらば途中の道行は看過して第七、八、九節を見てもらへば充分である。

(2) 圓線圖作製必要諸量

(*a*) 無負荷試驗から得られるもの

E_0 ＝定格電壓　　　　I_0 ＝無負荷電流 ………………… (i)

$W_{\circ}$＝無負荷入力　とすると

無負荷力率　$\cos\varphi_{\circ}=\dfrac{W_{\circ}}{\sqrt{3}\ E_{\circ}\ I_{\circ}}$ ………………………………(ii)

(b) 短絡試験から得られるもの

I_{sh}'＝定格電流に近い値

E_{sh}'＝その際の短絡電壓

W_{sh}'＝短絡損失　とすると定格電壓を加へた時の電流は

$I_{sh}=I_{sh}'\dfrac{E_{\circ}}{E'_{sh}}$ ……… (iii) 短絡の際の力率は $\cos\varphi_{sh}=\dfrac{W_{sh}'}{\sqrt{3}\,E_{sh}'\,I_{sh}'}$ …・(iv)

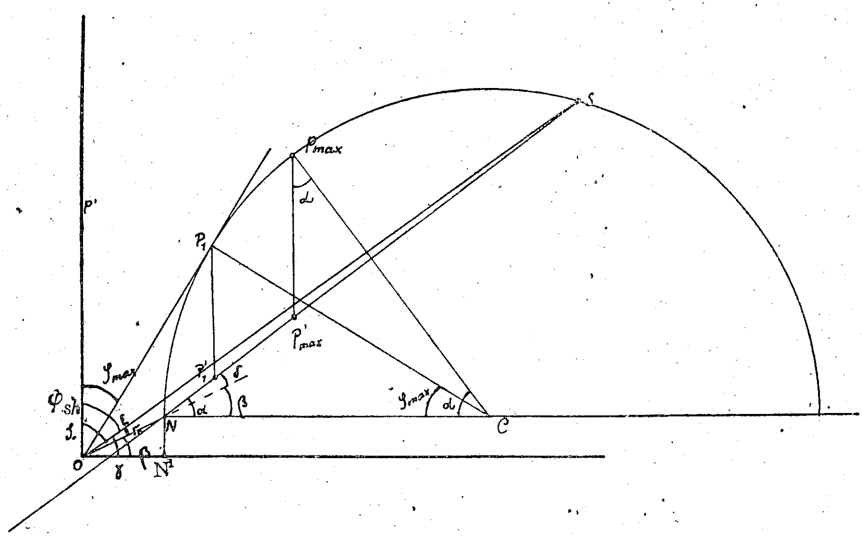
(3) (i) (ii) (iii) (iv) を用ひて圓線圖を作るには

$\overline{ON}=I_{\circ}$　　　$\angle P'ON=\varphi_{\circ}$

$\overline{OS}=I_{sh}$　　　$\angle P'OS=\varphi_{sh}$

とし N を過る水平線上に中心 C を有し二點 N. S を通る圓を書くこと下圖の如くすればよい。

第 一 圖



NN′ が無負荷損失であつて $\overline{NC}$ 線上に中心が在ることは大變便利であつた。

次に $\overline{CP}_{max}\perp\overline{NS}$ とすれば $\overline{P_{max}\,P'_{max}}$ は最大出力であり、$\overline{OP_1}$ を 0 から圓への切線とすれば $\cos\angle P'\,OP_1$ が最大力率である。

以上が電氣協會の示す圓線圖である。

(4) 次に此等の量の間の關係を表はしてみると、

主に ΔONS について考へるのであるが次の式が得られる。

$$(\mathrm{I})\qquad \varepsilon=f_1(\varphi_o,\varphi_{sh})\qquad 即\qquad \varepsilon=\varphi_o-\varphi_{sh}$$

$$(\mathrm{II})\qquad \delta=f_2\left(\varepsilon,\frac{I_{sh}}{I_o}\right)\qquad 即\qquad \frac{\sin(180^\circ-\delta)}{\sin(\delta-\varepsilon)}=\frac{I_{sh}}{I_o}$$

$$(\mathrm{III})\ (a)\qquad \frac{\overline{NS}}{I_{sh}}=f_3\left(\delta,\frac{I_{sh}}{I_o}\right)\qquad 即\qquad \frac{\overline{NS}}{I_{sh}}\fallingdotseq\frac{\sin\varepsilon}{\sin\delta}$$

$$(b)\qquad \alpha=f_4(\delta,\varphi_o)\qquad 即\qquad \alpha=\delta+90^\circ-\varphi_o$$

$$(\mathrm{IV})\ (a)\qquad \frac{\overline{P_{max}P_{max}'}}{I_{sh}}=f_5\left(\frac{\overline{NS}}{I_{sh}},\alpha\right)$$

$$即\qquad \frac{\overline{P_{max}P_{max}'}}{I_{sh}}\fallingdotseq\frac{1}{2}\ \frac{\sin\varepsilon}{\sin\delta}\ \frac{1}{1+\sin\alpha}$$

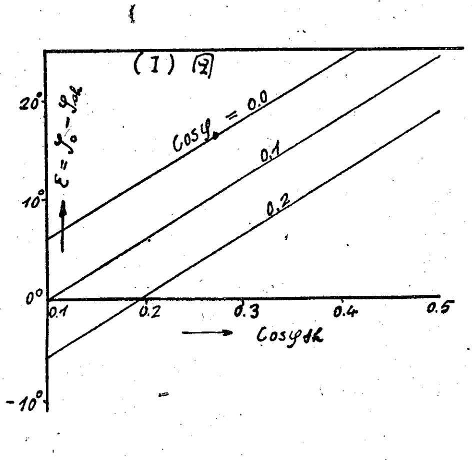
$$(b)\qquad \frac{D}{I_{sh}}\fallingdotseq f_6\left(\frac{\overline{NS}}{I_{sh}},\alpha\right)\qquad 即\qquad D=\frac{\overline{NS}}{\cos\alpha}$$

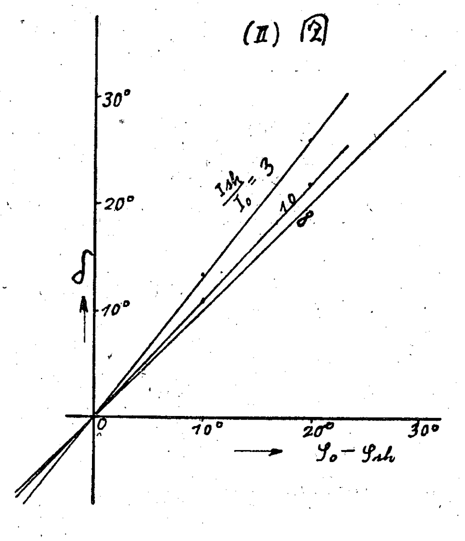
$$(\mathrm{V})\qquad \frac{D}{I_o}=f_7\left(\frac{D}{I_{sh}},\frac{I_{sh}}{I_o}\right)\qquad 即\qquad \frac{D}{I_o}=\frac{D}{I_{sh}}\ \frac{I_{sh}}{I_o}$$

$$(\mathrm{VI})\qquad \mathrm{eos}\,\varphi_{max}=f_8\left(\frac{D}{I_o},\varphi_o\right)$$

以上の式から兎に角 $\cos\varphi_{max}=F_1\left(\varphi_o,\varphi_{sh},\frac{I_{sh}}{I_o}\right)$ 及び最大出力 $\overline{P_{max}P}_{max}=F_2\left(\varphi_o,\varphi_{sh},\frac{I_{sh}}{I_o}\right)$ として解くことが出來るわけである。之を作圖でやれば次の様になる。

(5) (I) $\varepsilon=f(\varphi_o,\varphi_{sh})$ 從つて $\varepsilon=f_1'(\cos\varphi_o,\mathrm{cys}\,\varphi_{sh})$ となり之を示せば (I) 圖の如くなる。





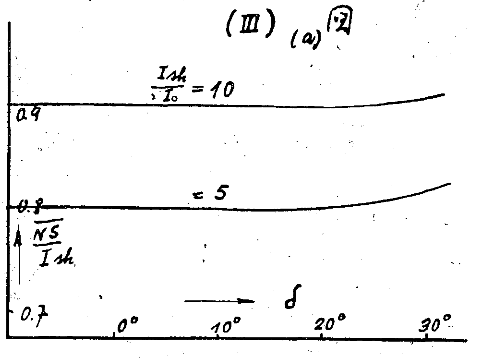
(II)　次に $\partial = f_2(\varepsilon, \frac{I_{sh}}{I_o})$ を示せば(II) 圖となる。

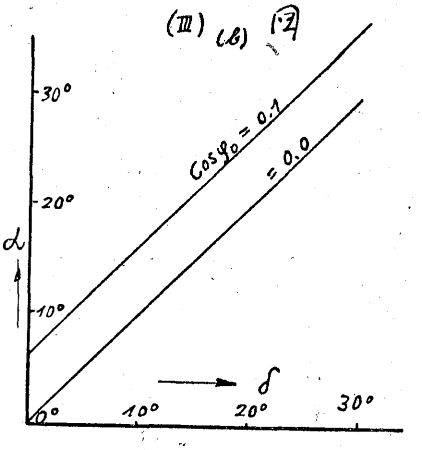
或は　$\frac{\sin(180^\circ - \partial)}{\sin(\partial - \varepsilon)} = \frac{I_{sh}}{I_o}$ を變形して $\frac{\sin \partial}{\sin(\partial - \varepsilon)} = \frac{I_{sh}}{I_o}$ とし玆に ∂ 及び $\partial - \varepsilon$ はその値が小さいならば

$$\frac{\sin \partial}{\sin(\partial - \varepsilon)} = \frac{\partial}{\partial - \varepsilon} \text{ として } \frac{\partial}{\partial - \varepsilon} = \frac{I_{sh}}{I_o}$$

從つて　$\partial = \frac{1}{1 - \frac{I_o}{I_{sr}}} \varepsilon$　となり原點を過る直線となる。

(III)(a)　　$\frac{\overline{NS}}{I_{sh}} = f_3(\partial, \frac{I_{sh}}{I_o})$





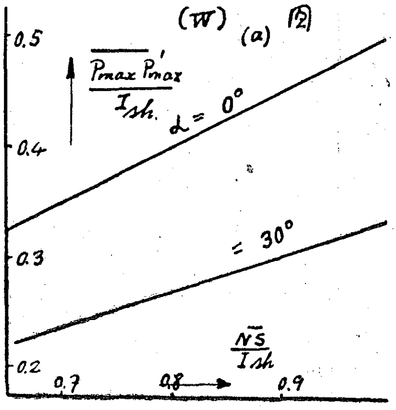
(b)　$\alpha = f_4(\partial, \varphi_o)$

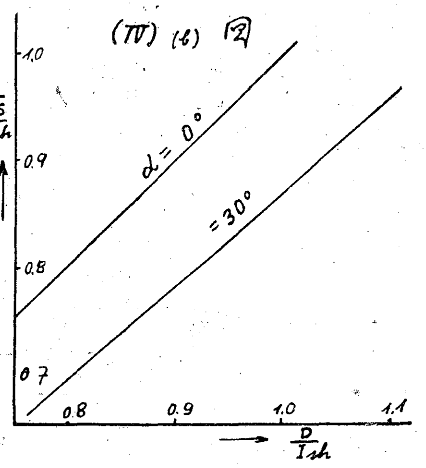
(IV)(a)　　$\frac{\overline{P_{max}P_{max}'}}{I_{sh}} = f_5(\frac{\overline{NS}.}{I_{sh}}, \alpha)$

或は　　$\overline{P_{max}P_{max}'} = \frac{\overline{NS}(1 - \sin\alpha)}{2\cos^2\alpha}$　であるから

$$\frac{\overline{P_{max}P_{max}'}}{I_{sh}} = \frac{\overline{NS}}{I_{sh}} \frac{1 - \sin\alpha}{2\cos^2\alpha} = \frac{\overline{NS}}{I_{sh}} \frac{1}{2(1 - \sin\alpha)}$$

もし α が値小さければ



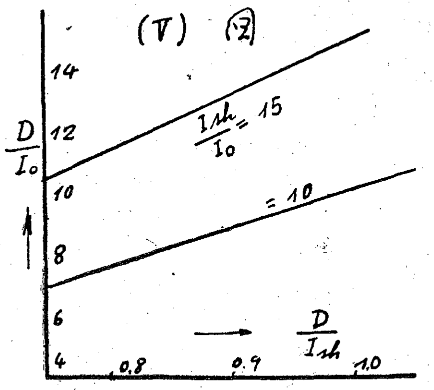


$$\frac{\overline{P_{max}P_{max}'}}{I_{sh}} = \frac{\overline{NS}}{I_{sh}} \quad \frac{1}{2(1-\alpha)}$$ となり直線となる

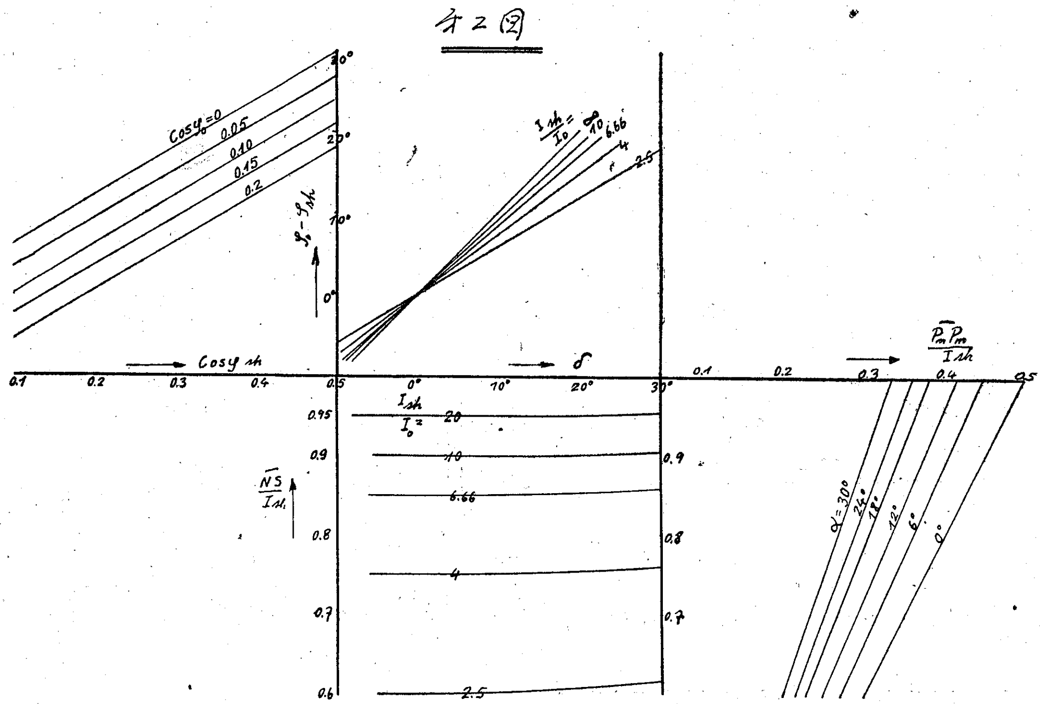
之で最大出力 $\overline{P_{max}P_{max}'}$ が得られるわけである。

(b) $\frac{D}{I_{sh}} = f_6(\frac{\overline{NS}}{I_{sh}}, \alpha)$ は $\frac{D}{I_{sh}} = \frac{D}{NS} \quad \frac{NS}{I_{sh}}$ として得られる、Dは圓の直徑である。

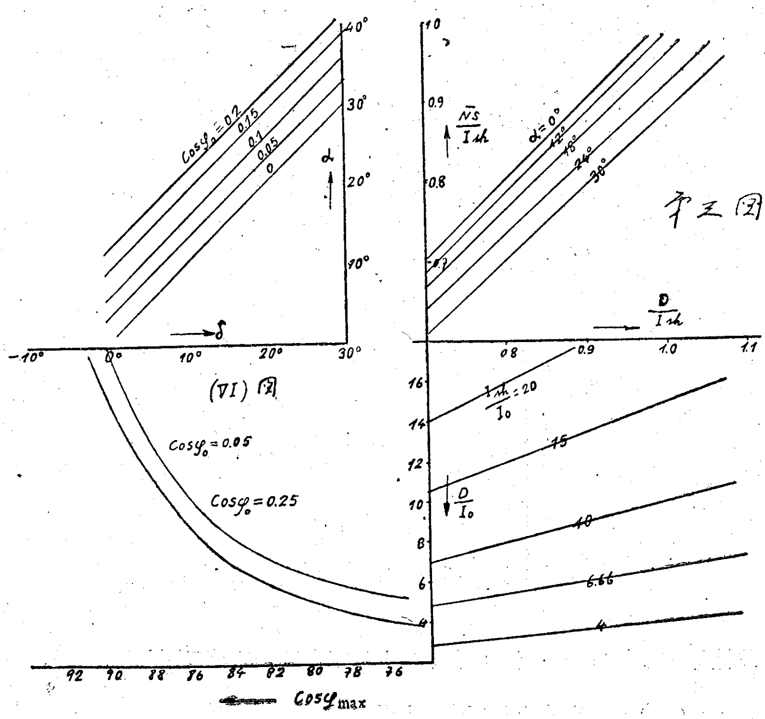
(V) $\frac{D}{I_o} = f_7(\frac{D}{I_{sh}}, \frac{I_{sh}}{I_o})$ は $\frac{D}{I_o} = \frac{D}{I_{sh}} \quad \frac{I_{sh}}{I_o}$ として得らる。



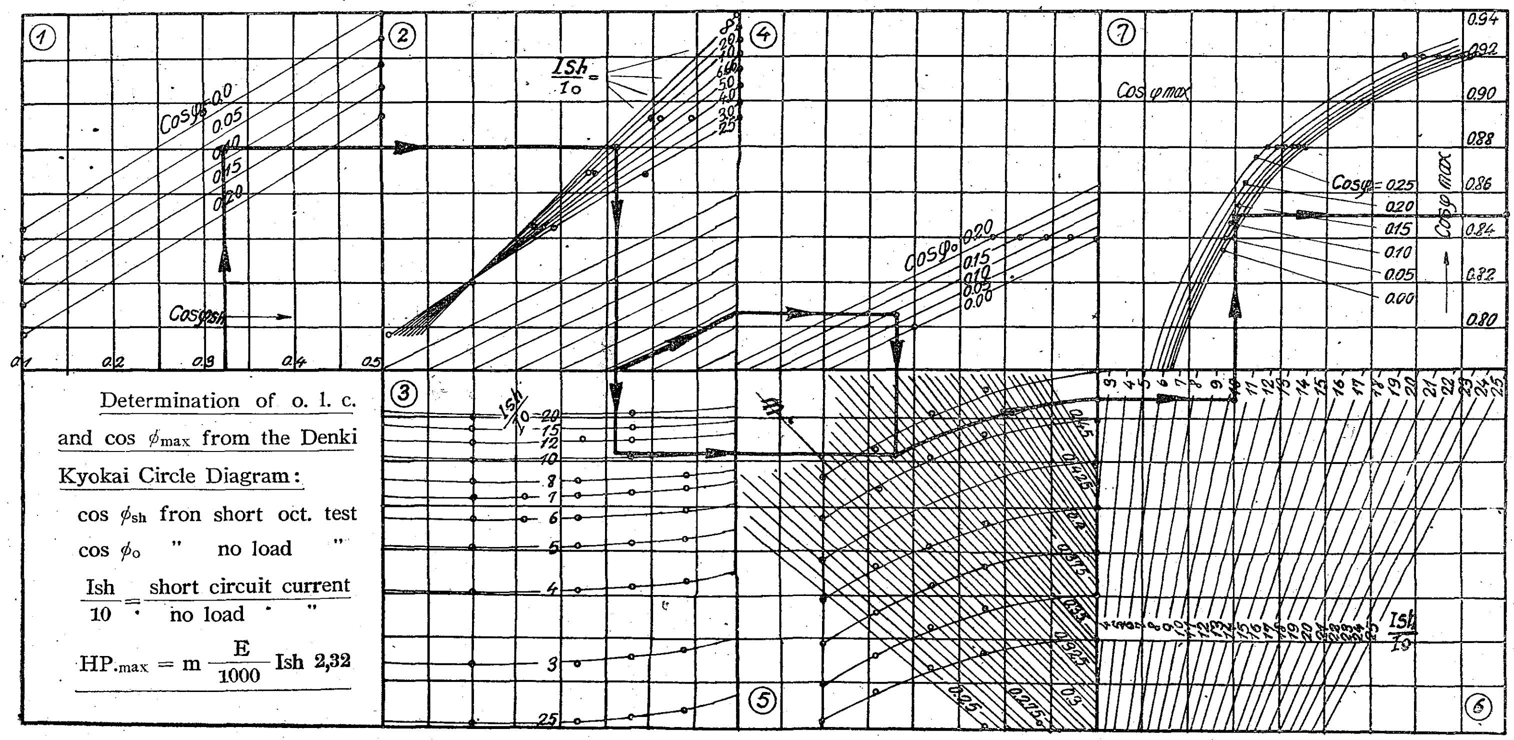
(6) 以上の曲線を (I) から (IV)(a) までまとめて表はせば第二圖を得又 (IV)(b) から (V) までをまとめて表はし更に之に



(VI) $\cos\varphi_{max}=f_8(\frac{D}{I_o},\ \varphi_o)$ を配すれば第三圖を得



第　四　圖



Determination of o. l. c. and cos ϕ_{max} from the Denki Kyokai Circle Diagram:

cos ϕ_{sh} fron short oct. test

cos ϕ_{o} " no load "

$$\frac{Ish}{10} = \frac{\text{short circuit current}}{\text{no load "}}$$

$$HP._{max} = m \frac{E}{1000} Ish\ 2{,}32$$

(7) 更に第二圖第三圖をまとめると第四圖が得られる。此が目的の圖である。

(8) 一つ斷つておきたいことは $\frac{\overline{P_{max}P_{max}'}}{I_{sh}}$ を最大出力と稱して來たけれども實際は之は最大出力に相當すべき電流と短絡電流との比であるから最大出力を出すには次の如くせなければならない。

$$KW_{max} = \sqrt{3}\,\frac{\overline{P_{max}P_{max}'}}{I_{sh}}\,I_{sh}\frac{E_{\circ}}{1000}$$

或は

$$H.P_{max} = 2.32\frac{E_{\circ}}{1000}\,I_{sh}\,\frac{\overline{P_{max}P_{max}'}}{I_{sh}}$$

(9) さて第四圖から最大出力及び最大力率を求めるには次の如くすべきである。

圖中肉大の線を以て一例を示してあるからそれに從つて進んで行けばよいのであるが、先づ試驗の結果又は設計によつて與へられたる $\cos\varphi_{sh}$ に相當した點から曲線 (1) を上に上つて行つて與へられたる $\cos\varphi_{\circ}$ と合し右に折れて (2) の $\frac{I_{sh}}{I_{\circ}}$ との交點から下に降りて (3) に入り同じ $\frac{I_{sh}}{I_{\circ}}$ から右折する。一方 (2)(3) の境から斜に昇つて (2)(4) の境から水平に右に向ひ $\cos\varphi_{\circ}$ の點から下降して (5) に入り先きに (3) から入り來たるものと交る。この點の m を求める。この m は上述の $\frac{\overline{P_{max}P_{max}'}}{I_{sh}}$ である。此の値から第8項の計算によつて最大出力馬力を得る。

次に圓弧に從つて (5)(6) の境に至り右折 (6) に入り $\frac{I_{sh}}{I_{\circ}}$ から上昇して (7) の $\cos\varphi_{\circ}$ と交る。之が最大力率 $\cos\varphi_{max}$ である。圖中太い線はその一例を示したものであつて大體次のものに相當して居る。

$E_{\circ} = 200$ volt　　$I_{\circ} = 14.6$ amp

$I_{sh} = 152$ amp 從つて　$\frac{I_{sh}}{I_{\circ}} = 10{,}4$

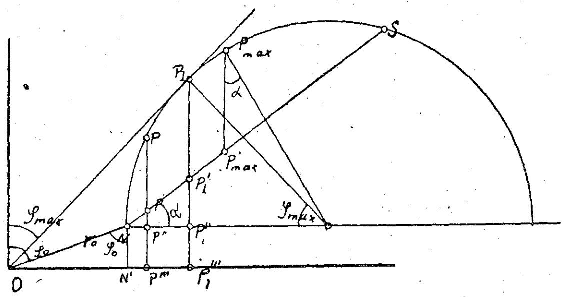
$\cos\varphi_{\circ} = 0.07$　　$\cos\varphi_{sh} = 0{,}32$

斯くして第四圖から得たる結果は $m = 0{,}3325$

從つて最大出力　$H.P_{max} = 0.3325 \times 0.2 \times 152 \times 2.32 = 23.4$ HP

又最大力率 $\cos\varphi_{max} = 0.848$ である。

(10) 以上で玆の目的は達せられたわけであるが更に任意の出力に對する力率 $\cos\varphi$ については第五圖から



第　五　圖

(i)　$\cos\varphi_{max}$ 及び α から $\dfrac{\overline{P_1P_1'}}{\overline{P_{max}P_{max}'}}$ を得

(ii)　$\dfrac{\overline{P_1P_1'}}{\overline{P_{max}P_{max}'}}$ 及び $\dfrac{\overline{P_{max}P_{max}'}}{\overline{PP'}}$ から $\dfrac{\overline{P_1P_1'}}{\overline{PP'}}$ を得

(iii)　$\dfrac{\overline{P_1P_1'}}{\overline{PP'}}$ 及び α より $\dfrac{\overline{P_1P_1''}}{\overline{PP''}}$ を得

(iv)　$\dfrac{I_0}{D}$ 及び $\cos\varphi_0$ より $\dfrac{I_0}{D}\cos\varphi_0$ を得

(v)　$\dfrac{\overline{P_1P_1''}}{\overline{PP''}}$ 及び $I_0\cos\varphi_0$ より $\dfrac{\overline{P_1P_1'''}}{\overline{PP'''}}$ を得

(vi)　$\dfrac{I_0}{D}\cos\varphi_0$ 及び $\dfrac{\overline{PP_1'''}}{\overline{P_1P'''}}$ より $\dfrac{\cos\varphi_{max}}{\cos\varphi}$ を得

即ち斯くして任意の出力に對する力率 $\cos\varphi$ を求めることができるわけであるが圖法やゝ複雜となり他日更に述べることゝして玆には省略する。

(11)　以上圖法によつて最大出力及び最大力率を容易に求めることができるが要するに先哲の遺した多大なエネルギーのほんの一部の變形にすぎないのであつて、もしそれが何分かの便宜をもたらし得ば幸である。

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。