

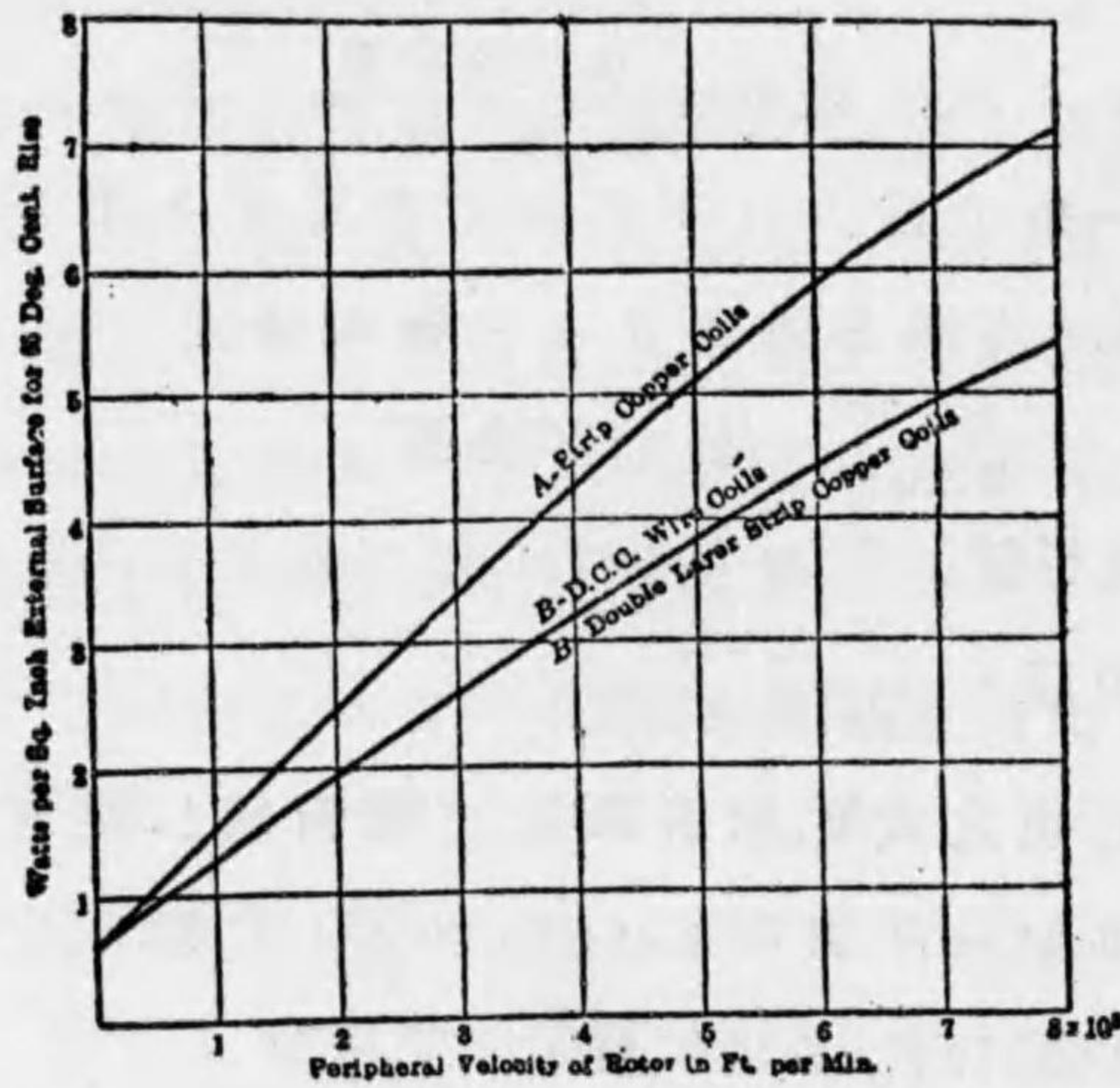
であつて此の値と捲線の平均の一捲の長さ MT の値は大凡之を見出す事が出来る。

(c) 磁極捲線の高さ L_f を下式より見出す可し。

$$L_f = \frac{A T_{max}}{100} \sqrt{\frac{\text{一捲の平均の長さ}}{\text{外側の圓周} \times \text{一平方吋のワット} \times d_f \times s_f \times 1.27}}$$

上式は既に55節に説明をしてあるが、外側の圓周 (external periphery) は極の大きさから大凡之を見出す事が出来る。又一平方吋のワットは第百七十七圖の曲

第百七十七圖



線から之を見出す事が出来る、此の曲線は第百三十八圖に示してある構造の如き交流機について実験から求めた者であつて、其交流機の磁極捲線の型式は第百四十圖に示してある者と同様である。

d_r は捲線の厚みであつて最も經濟的の磁極構造を得る様に撰ばなければならぬ。56節に示してある如く d_r の値が小さくなると磁極の銅の量が減少するけれども磁極の長さが増加し、従つて其價格も増加する者である。最も經濟的なる厚みは實際經驗によりて之を知る事が出来る者であるが次の値を参考にして宜い。

ポール、ピッチ	磁極捲線の厚み	
	60 サイクル	25 サイクル
6 吋	0.6 吋	—
10 吋	0.75 吋	1.0 吋
15 吋	1.0 吋	1.25 吋
20 吋	—	1.5 吋
30 吋	—	2.0 吋
40 吋	—	2.5 吋

或る與へられたるポール、ピッチ (pole pitch) に對して60サイクルの機械は25サイクルの機械よりも早い圓周速度 (peripheral velocity) を有して居る、従つて同一勵磁 (excitation) に對しては其放散面積は少なくて宜い、従つて上表の25サイクルの捲線の厚みの値よりも d_r が小さく無かつたならば磁極が非常に短い者となつてしまふ。上表の値は何れも角銅線を磁極捲線として用ひたる場合で、若も二度打綿捲線を使用した場合に

は其の厚みは20パーセントだけ増加させる必要がある。之れスペース・ファクター (space factor) が前者よりも後者の方が悪いからである。又必要ある場合には第百四十圖に示してある如く巻線に傾斜をつけなければならぬ。

(d) T_f は巻線の大きさが定まつて居る場合に $d_f L_f$ なる場所を充たす可き磁極巻線数を著はす者である。

183 飽和曲線の計算 (Calculation of the Saturation Curves)
先第一に空隙の長さを見出さなければならない。其の方法は次の如くである。無荷重規定電圧に於て空隙に要す可き一極のアンペアターンスの値は約第百七十六圖の $oq = ol - lg$ に等しい而して大凡次の如し。

$$AT_{mac} = 1.5 \text{ (一極の發電子アンペアターンス)}$$

一極の磁束及び交流機の大さは與へられてあるからして見掛の磁束密度 (Apparent gap density) 及び空隙の長さは下式から計算する事が出来る。

$$\text{見掛の磁束密度} = \frac{\text{實際を通過せる一極の磁束}}{\tau \times \phi \times L_c}$$

$$\text{空隙のアンペアターンス} = \frac{\text{見掛の磁束密度}}{3.2}$$

$$\times d \times C \text{ (46節公式 (3) 参照)}$$

次に磁路 (magnetic circuit) の正確なる圖面を製作し46節及び47節に説明した方法によつて漏洩係數及び

無荷重飽和曲線を計算するのである。

全荷重にて力率零の場合の漏洩係數は

$$= 1 + l.m \left[\frac{AT_{o..} + (\text{一極の逆磁化アンペアターンス})}{AT_{o..}} \right]$$

(164節参照) 但し $l.m$ は無荷重漏洩係數を著はし、又一極の逆磁化アンペアターンス $= 0.35 \times \text{一極の導線數} \times I_c$

新しき無荷重飽和曲線は上記の全荷重漏洩係數の値を用ひて計算する事が出来、第百七十六圖の點線の曲線に示してある様に之を曲線に著はす事が出来る。

一相のリアクタンスは171節の公式から之を見出し三角形 pqr 及び力率零の場合の全荷重飽和曲線を描く事が出来る。

他の力率の値に對する全荷重飽和曲線は第百六十九圖に示せる線圖を用ひて計算する事が出来、又此の曲線からして種々の異つた調整の値を見出す事が出来る。

若も曲線から見出した調整の値が要求された調整の値に等しい場合、或は僅かに之れよりも宜い場合には田磁の設計は終了した者と見て差支ない。

若も今見出した調整の値が要求された値よりも非常に勝つて居た場合には、其機械は必要以上に大きく従つて價格も高くなるからして次の外く設計を變更する事が必要である。

(a) 空隙の長さを短くし勵磁(excitation)を減じて銅の量を減ずるのである。此の如く空隙の長さを短くした場合の結果は既に 176 節に説明してある。

(b) 發電子を再び設計をやり直し一時のアンペア、コンダクタース(ampere conductors per inch)の値 q を増加する事である。若も全體の導線數を増加した場合には一極の磁束の値が減少する、又同一齒の磁束密度(tooth density)及び減少せし一極の磁束に對してはフレーム(frame)の直徑或は長さが減少する或は兩方共に減少する事となる。發電子圓周が各一時に對して多くのアンペアコンダクタースを有する事となるからして深い溝(deep slot)を用ひなければならぬ事となる。斯の如く深い溝を使用する結果發電子反作用(armature reaction)及び發電子リアクタンス(armature reactance)を増加し調整の値を悪くする事となる。然し機械の値段は安くなる者である。

若しも曲線から見出した調整の値が要求された値よりも悪かつたならば次の如く設計を変更する必要がある。

(c) 空隙の長さを増加させて勵磁(excitation)を増加させる、即ち銅の量を増加する事となる。空隙の長さを増加させる事の結果は既に 176 節に説明してある。

(d) 空隙の長さを減少して、極磁束密度(pole density)を増加させるために極の面積を減少させ、第百七十圖に示してある如く飽和曲線を激しく曲げてしまふのである。然しながら此方法は交流機の製作に用ひらるる鐵のパーミアビリティ(permeability)の試験を嚴重に行はなかつたならば非常に危険な方法と云はなければならぬ。若も鐵のパーミアビリティ(permeability)が想像した値よりも小さかつたならば其交流機は力率の低い場合に規定電壓を出す事が出来ない事となる。

(e) 發電子を設計し直をして一時のアンペア、コンダクタース(ampere conductors per inch)の値を減少させる。此の結果は宛も(b)に於て説明したと正反對の結果を生ずる事となる、従つて値段の高い機械となるけれども調整の宜き機械となる事は確である。

例(Example) 400 キロ、ヴォルト、アンペア、2400 ヴォルト、96 アンペア、三相式、60 サイクル、600 回轉の回轉田磁型交流機の發電子は次の如く設計されてある。

極數	12
内徑	43 吋
フレームの長さ	12.25 吋
中央のヴェント、ダクト	3-0.5 吋
一極の溝數	6 開型(open type)

溝の大きさ	0.75 × 2.0 吋
溝の導線数	12
結線法	Y
勵磁電壓	120 ヴォルト

今之に應すべき回轉型田磁を設計して見ん

一極の發電子アンペア、ターンスは

$$= \text{一極の溝數} \times \frac{\text{一溝の導線數}}{2} \times I$$

$$= 6 \times 6 \times 96$$

$$= 3450 \text{ アンペアターンス}$$

$$AT_{max} = \text{最大勵磁} = 3 \times 3450$$

$$= 10,400 \text{ アンペアターンス (約)}$$

$$E = \text{一相の電壓} = \frac{2400}{1.73} \text{ (Y結線なる故)}$$

$$= 1380 \text{ ヴォルト}$$

$$\phi_m = \text{一極の磁束} = \frac{1380 \times 10^7}{2.22 \times 0.96 \times \frac{72}{3} \times 12 \times 60}$$

$$= 3.8 \times 10^4$$

$$l_r = \text{漏洩係數 (假定す)} = 1.2$$

$$\text{磁極の面積} = \frac{3.8 \times 10^4 \times 1.2}{95,000}$$

$$= 48 \text{ 平方吋}$$

L_p = 磁極の車軸の方向に於ける長さ(フレームの

長さよりも 0.5 吋だけ短く取る) = 11.75 吋

$$W_p = \text{磁極の巾} = \frac{48 \text{ 平方吋}}{0.95 \times 11.75}$$

$$= 4.25 \text{ 吋}$$

d_r = 磁極捲線の厚み = 0.75 吋 (182 節の表より)

$$MT = \text{平均一捲の長さ} = 2(11.75 + 4.25) + \pi \times 1.25$$

$$= 36 \text{ 吋}$$

磁極捲線の外側の圓周 = 38 吋

$$M = \text{磁極捲線の斷面積} = \frac{10,400 \times 36}{10}$$

$$= 37,500 \text{ サークル、ミル}$$

$$= 0.03 \text{ 平方吋}$$

$$= 0.04 \times 0.75 \text{ (銅平線)}$$

攝氏 65 度上昇に對する一平方吋のワット數 = 6.3 (第

百七十七圖より)

sf = スペース、ファクター

$$= \frac{0.04}{0.04 + \text{絶縁の厚み}}$$

$$= 0.8 \text{ (0.01 吋の厚みの紙を用ゆ)}$$

L_r = 磁極捲線の厚み

$$= \frac{10,400}{1000} \sqrt{\frac{36}{38 \times 6.3 \times 0.75 \times 0.8 \times 1.27}}$$

$$= 4.75 \text{ 吋}$$

$$T_r = \text{一極の捲線數} = \frac{4.75}{0.05}$$

$$= 95$$

$$\text{最大勵磁電流} = \frac{AT_{max}}{T_r}$$

$$= \frac{10,400}{95}$$

$$=110 \text{ アンペア}$$

$$\text{勵磁機の最大出力} = 120 \times 110$$

$$=13 \text{ KW}$$

$$=3.25 \text{ パセント(ヴォルト、アンペア
定格の)}$$

$AT_0 =$ 無荷重規定電壓に於ける一極の空隙アン
ペア、ターンス

$$= AT_{max} - 1.5 \times \text{發電子アンペア、ターンス}$$

$$= 10,400 - 1.5 \times 360$$

$$= 5200 \text{ アンペア、ターンス}$$

$\psi =$ ボール、アークとポールピッチとの比

$$= 0.65 \text{ (普通 } 0.65 \text{ に取る、若も之れよりも大なる
場合には磁極の漏洩磁束増加し従つて
漏洩係數増加す)}$$

$B_0 =$ 見掛の空隙密度 (apparent gap density)

$$= \frac{3.8 \times 10^4}{11.25 \times 0.65 \times 12.25}$$

$$= 42,500 \text{ - 平方吋の磁束密度}$$

$$\delta \times C = \frac{5200 \times 3.2}{42500}$$

$$= 0.39 \text{ 吋}$$

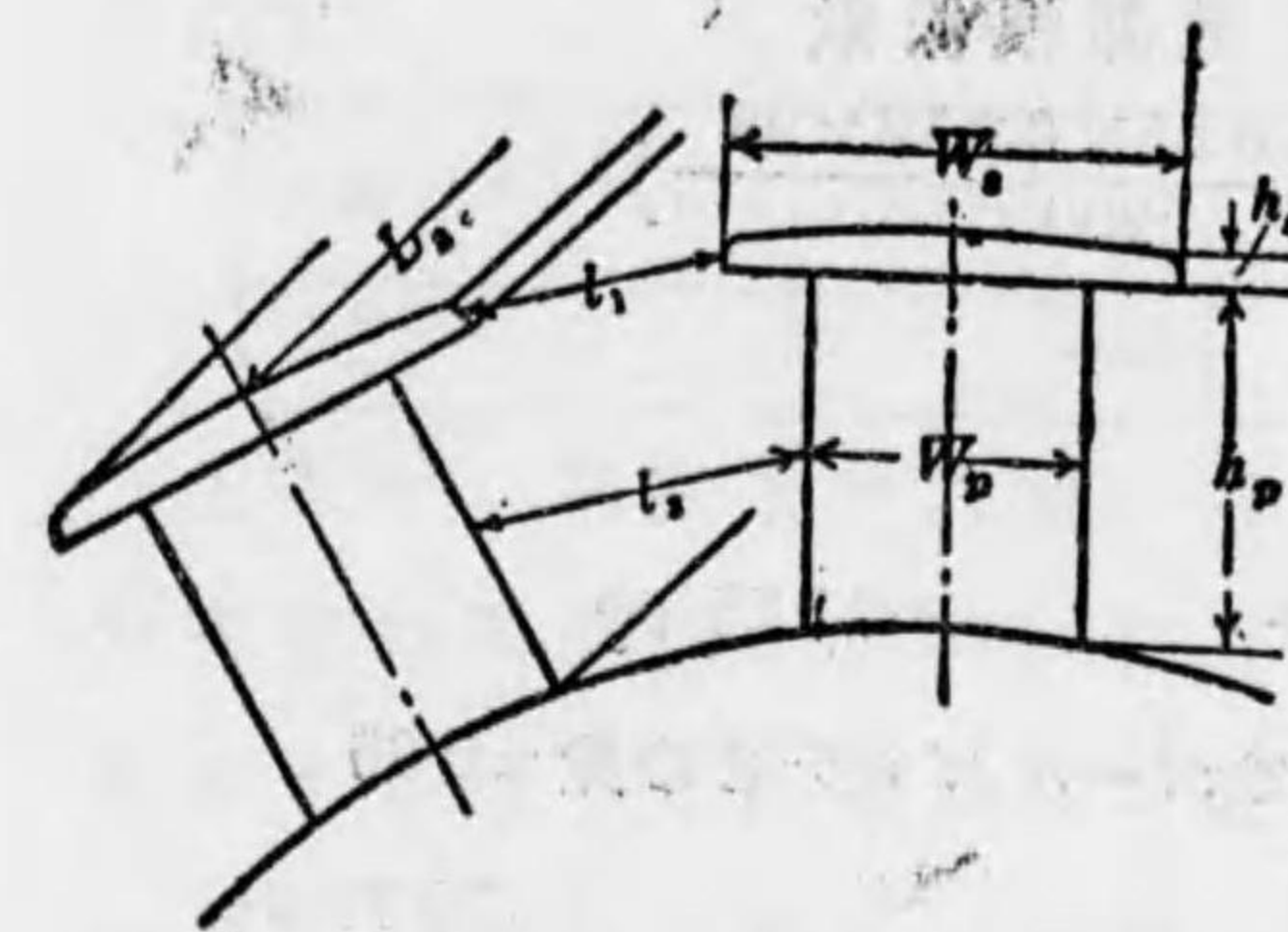
$C =$ カーター係數 (Carter coefficient)

$$= 1.12 \text{ (第四十圖より)}$$

$$\delta = \text{空隙の長さ吋} = 0.35$$

漏洩係數の計算

第百七十八圖に於て



$$h_1 = 1 \text{ 吋}$$

$$L_1 = 11.75 \text{ 吋}$$

$$l_1 = 3.8 \text{ 吋}$$

$$W_p = 7.0 \text{ 吋}$$

$$h_p = 5.25 \text{ 吋}$$

$$L_p = 11.75 \text{ 吋}$$

$$l_2 = 5.2 \text{ 吋}$$

$$W_p = 4.25 \text{ 吋}$$

$$\phi_{01} = 13 \times AT_{0+1} \times \frac{1 \times 11.75}{3.8} = 40 AT_{0+1}$$

$$\phi_{02} = 19 \times AT_{0+1} \times 1 \times \log_{10} \left(1 + \frac{\pi \times 7}{2 \times 3.8} \right) = 11.4 AT_{0+1}$$

$$\phi_{03} = 6.5 \times AT_{0+1} \times \frac{5.25 \times 11.75}{5.2} = 77 AT_{0+1}$$

$$\phi_{04} = 9.5 \times AT_{0+1} \times 5.25 \times \log_{10} \left(1 + \frac{\pi \times 4.25}{2 \times 5.2} \right) = 18.4 AT_{0+1}$$

$$\phi_0 = \text{一極の全體の漏洩磁束} = 146 AT_{0+1}$$

AT_{0+1} の大凡の値は 5200 アンペア、ターンスである
之れ交流機の齒の磁束密度は割合に低く取るからし
て齒に要するアンペア、ターンスは之を無視する事が
出来る、従つて

$$\phi_0 = 146 \times 5200 = 760,000$$

$$\text{無荷重漏洩係数} = \frac{3.8 \times 10^6 + 760,000}{3.8 \times 10^6} = 1.20$$

力率零の場合の全荷重漏洩係数

$$= 1 + \left(0.2 \times \frac{5200 + 0.35 \times 6 \times 12 \times 96}{5200} \right) = 1.3$$

磁路の計算

$$\tau = \text{ポールピッチ} = 11.25 \text{ 吋}$$

$$\phi = \text{ポール、アーク、とポールピッチとの比} = 0.65$$

$$L_g = \text{鐵全體の長さ} = 10.75 \text{ 吋}$$

$$L_n = \text{鐵正味の長さ} = 9.6 \text{ 吋}$$

$$A_g = \text{見掛の空隙面積} = 90 \text{ 平方吋}$$

$$C = \text{カーター係数} = 1.12$$

$$A_t = \text{一極の最少齒面積} = 6 \times 0.65 \times 1.13 \times 96 = 42.3 \text{ 平方吋}$$

無荷重電壓		2400	2700	3000				
一極の磁束		3.8×10^6	4.28×10^6	4.75×10^6				
漏洩係数		1.2	1.2	1.2				
	長さ	面積	密度	AT	密度	AT	密度	AT
空隙	0.35	$\frac{90}{1.12}$	42,500	5200		5850		6500
齒	2.0	42.3	90,000	50	101,000	100	112,000	220
磁極	6.0	47.5	96,000	325	108,000	960	120,000	2280
一極の全アンペアターンス			5575		6910		9006	

全荷重漏洩係数を有する無荷重飽和曲線を見出

には 1.3 の漏洩係数を用ひて磁極の計算をやり直ほす必要がある、但し空隙や齒は元の通りで差支無いのである。

磁極	6.0	47.5	105,000	770	119,000	2220	132,000	5200
一極の全アンペアターンス				6020		8170		11,920

上表から第百七十六圖に無荷重漏洩係数を有する無荷重飽和曲線が實線にて著はされ、全荷重漏洩係数を有する無荷重飽和曲線が點線で著はされて居る。

上表の計算に於ては發電子コア (armature core) 及び回轉田磁のヨーク (yoke) の設計が度外視されて居る、之れ發電子コアにありては其の温度を低く保つために普通磁束密度を非常に低く採るのと、田磁のヨークにありては機械的強さを充分ならしむるため自然磁束密度は非常に低くなるからである。

一相のリアクタンスは 171 節に説明した方法で之を計算すれば下の如くである

$$\frac{\phi_c I_a}{2} = 5.3 \times 3 (\text{第百三十六圖より}) = 16$$

$$\phi_c = \frac{3.2}{2} \left(\frac{1.75}{3 \times 0.75} + \frac{0.25}{0.75} \right) = 1.7$$

$$\phi_{ca} = 2.35 \log_{10} \left(1 + \frac{\pi \times 1.13}{2 \times 0.75 + 1.13} \right) = 0.87$$

$$\phi_{ca} = 3.2 \times \left(\frac{1.13 \times 1.12}{2 \times 0.35} \right) = 5.8$$

$$\phi_i = 0.52 \times 0.87 + 0.42 \times 5.8 = 2.9$$

一相のリアクタンス

$$= 2 \times \pi \times 60 \times 12^2 \times 2^2 \times 12 [16 + (1.5 + 2.9) \times 12.25] 10^{-9}$$

$$= 1.88 \text{ オーム}$$

一相の電圧降下 $= 1.88 \times 96$

$$= 180 \text{ ヴォルト}$$

端子電圧降下 $= 1.73 \times 180$

$$= 310 \text{ ヴォルト (Y 結線)}$$

$$= 12.9 \text{ パセント (全電圧に對して)}$$

一極の逆化アンペア・ターンズ $= 0.35 \times 6 \times 12 \times 96$

$$= 2420$$

之に對する勵磁電流 $= \frac{2420}{\text{一極の磁極捲線}}$
 $= 25.5 \text{ アンペア}$

以上の計算から力率零にて遅電流 (lagging current) の場合の全荷重飽和曲線を描く事が出来る、而して之れは第百七十六圖に示してある。

猶力率 100 パセントの場合及び 85 パセントの場合の飽和曲線も第百七十六圖に示してある、而して此の曲線から調整の値を見出すと下の如くである。

力率 100 パセント 調整 9 パセント

力率 85 パセント 調整 21 パセント

力率 0 パセント 調整 26 パセント

第二十三章

損失、効率及び熱

(Losses, Efficiency and Heating)

交流發電機に於ける損失 (losses) の多くは直流機に於ける損失と似て居るからして直流機と同様にして其損失を計算する事が出来る。

184 軸受摩擦損失 (Bearing Friction Loss.)

$$\text{軸受摩擦損失} = 0.81 dl \left(\frac{V_s}{100} \right)^2 \text{ ワット}$$

但 d = 軸受の直径(吋)

l = 軸受の長さ(吋)

V_s = 車軸の圓周速度(毎分呎)

185 刷子摩擦 (Brush Friction.) 此の損失は割合に少い者である其理由は刷子の数が少いのと接觸面に於ける速度が低いからである。

$$\text{刷子摩擦損失} = 1.25 A \frac{V_r}{100} \text{ ワット}$$

但 A = 全刷子接觸面積(平方吋)

V_r = 刷子接觸面に於ける速度(毎分呎)

186 風損失 (Windage Loss.) 此の損失を軸受の摩擦損失から分離して計算する事が困難であるから其値は判然しない、然しターボ發電機 (turbo-generator) の場合を除いては此の損失の値は比較的小さいからして計

算する必要が無いのである。

187 鐵心損失 (Iron or Core Losses.) 直流機の場合と同様にヒステリシス (hysteresis) 及びエッディー、カーレント (eddy current) の損失を含む者であつて、猶鑑、ヨーク (yoke) 及びエンド、ヘッド (end head) に於ける漏洩磁束、鐵心内に於ける磁束の不平等分布によりて生ずる損失及び磁極表面 (pole face) に於ける損失をも含むで居る。

全鐵心損失は第八十一圖に示せる曲線を用ひて計算する事が出来る、即ち交流機の全鐵心損失は直流機と同様にして計算する事が出来る。

188 勵磁損失 (Excitation Loss.) 交流機の勵磁電流従つて勵磁損失は力率によりて變化する事は第七十六圖に説明してある如くである。

勵磁損失 = 磁界電流 × 磁界の端子電壓

普通磁界抵抗器は交流機に含まれて居らぬ者として計算する。

189 發電子銅損失 (Armature Copper Loss.)

一本の導線の抵抗 = $\frac{L_n}{M}$ オーム

一本の導線の損失 = $\frac{L_n I_c^2}{M}$ ワット

但 L_n = 一本の導線の長さ (吋)

第二十三章

損失、能率及び熱

(Losses, Efficiency and Heating)

I_c = 各導線の電流

M = 各導線の斷面積 (サーキユラーミル)

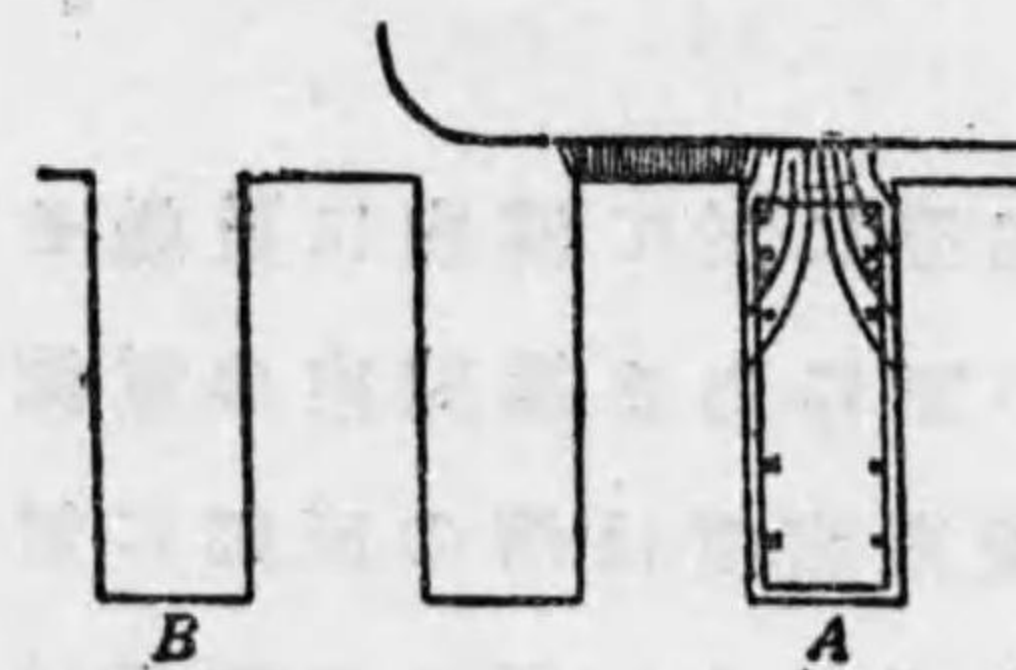
全發電子銅損失 = $Z_c \frac{L_n I_c^2}{M}$ ワット

但 Z_c = 全導線數

上述せる銅損失以外に導線内に生ずるエッディー、カーレント (eddy current) 損失がある、此の損失は導線を適當に分割しないと非常に大きくなつて導線を熱すると云ふ故障を起す者である。

第七十九圖には交流機の溝 (slot) 及び空隙 (air gap)

第七十九圖



に於ける磁束分布を著して居る。A の位置にある溝に入る磁束は最大であるけれども、B の位置にある溝に入る磁束は最小である、此の磁束の變化は

導線内にエッディー、カーレント (eddy current) を生ずる其の電流の方の儘圖に・と×とで著はしてある。此のエッディー、カーレントが大きくなるのを防ぐには

導線を縦の方向にも横の方向にも之を分割する必要がある。然し此の磁束は溝の半分の深さ以上に達する事はない、従つて若も導線が溝の底の方にある場合には之を分割する必要はないのである。

此のエツディー、カーレントに因て生ずる損失は無荷重の場合でも全荷重の場合でも同様に存在して居る且一定の値を有して居る、従つて鐵心損失と一所に測定する事が出来る。

更に重大なものは發電子漏洩磁束に依つて生ずる渦電流である。第百八十圖は導線内の電流に依つて發電機の溝に通る漏洩磁束を示したもので、此の磁束は交番して居るから、従つて點及び交叉で示した様な方向の渦電流を生ずる。此等の渦電流が大きな値にならない様にするには導體を水平に切る事が必要である。

此の漏洩磁束を mn の部分に於て溝内に通過せしめんとする起磁力は mn の下にある導線内の電流に依るものであるから、漏洩磁束密度は溝の底部に於ては零で、溝の頂部に於て最大である。従つて導體は溝の底部に於けるよりも寧ろ頂部に於て薄く切る事が必要である。

漏洩磁束に依る損失は其の漏洩磁束が導體内の電

流に比例するものであるから、一つの負荷損失である其の値が何れ位大きくなるかといふ事は次の例を見るとよく解る。

第百八十圖に示した複層捲線の場合を考へて見る

$$\text{磁束 } d\phi = 3.2 \left(b I_c \times \frac{y}{d} \right) \times \frac{L_c dy}{s}$$

而して導體の上層を通る磁束は

$$\phi = 3.2 b I_c L_c \int_{\frac{a}{2}}^a \frac{y \times dy}{d \times s}$$

$$= 3.2 b I_c L_c \times \frac{3d}{8s}$$

$$= 1.2 b I_c L_c \frac{d}{s}$$

導體の上層に通る最大磁束

$$\phi_m = 1.2 b I_m L_c \frac{d}{s}$$

$$= 1.7 b I_c L_c \frac{d}{s}$$

今幅 g 厚さ dx なる環 kl を考へるに、此の導體に通る磁束に依つて環内に生ずる實効起電力は

$$= 4.44 \phi_m f \cdot 10^{-8} \text{ 「ヴォルト」}$$

此の環の抵抗

$$= \frac{1 \times 2 I_c}{g \times dx \times 1.27 \times 10^6} \text{ 「オーム」}$$

此の環の中の渦電流

$$= \frac{\text{實効起電力}}{\text{抵抗}}$$

$$= \frac{4.44 \times \left(1.7 \times b I_c L_c \times \frac{d}{s}\right) \times f \times 10^{-3}}{2L_c}$$

$$= \frac{4.44 \times \left(1.7 \times b I_c L_c \times \frac{d}{s}\right) \times f \times 10^{-3}}{g \times dx \times 1.27 \times 10^6}$$

$$= 4.8 \times 10^{-2} \times b I_c \times \frac{d}{s} \times f \times g dx \text{ 「アムペア」}$$

環内の電流密度 $= \frac{\text{電流}}{g \times dh}$

$$= 4.8 \times 10^{-2} \times b I_c \times \frac{d}{s} \times f$$

「アムペア」毎平方吋

頂部導體の一つに於ける規定電流密度

$$= \frac{I_c \times 2}{g \times d} \text{ 「アムペア」毎平方吋 (近似)}$$

而して

溝漏洩に依る導體の縁端に於ける電流密度 の比
規定電流密度

$$= 2.4 \times 10^{-2} \times d^2 \times f \times \frac{b \times g}{s}$$

例へば $f = 60$ 「サイクル」

$$\frac{b}{2} g = 0.7s$$

$$d = 2''$$

とすれば上記の比 $= 8$ となる。

然し渦電流は之を生ずる磁束を追ひ拂ふ傾きがあるから上の結果は非常に増長して来るものである。*

60「サイクル」の機械に対しては、導體の深さは0.5吋を超過してはならぬ、又25「サイクル」の機械に對し

* Proc. A.I.E.E. Vol. 24, p. 765

ては0.75吋を超過してはならぬ。そうでないと導體内の渦電流損失に依る發熱の爲めに故障が生じ易くなる。此等の數字は2400「ヴォルト」位迄の機械に對する標準の習ひになつて居る。それより電壓が高くなると絶縁は厚くなるし、銅と鐵との間の温度の差も大きくなつて来る。其所へ渦流損失が加はつて来るものであるから、此の温度差は非常に著大なものとなつて、導體の薄切 (Lamination) を低電壓機械に於けるよりも一層多く行ふのでなければ、絶縁の局部的衰壞を生ずる原因となる。

190 能率 (Efficiency)

交流發電機に對して

$$\text{能率} = \frac{\text{出力「キロワット」}}{\text{出力「キロワット」} + \text{損失「キロワット」}}$$

但し損失は

風切、軸承及刷子摩擦

勵磁損失

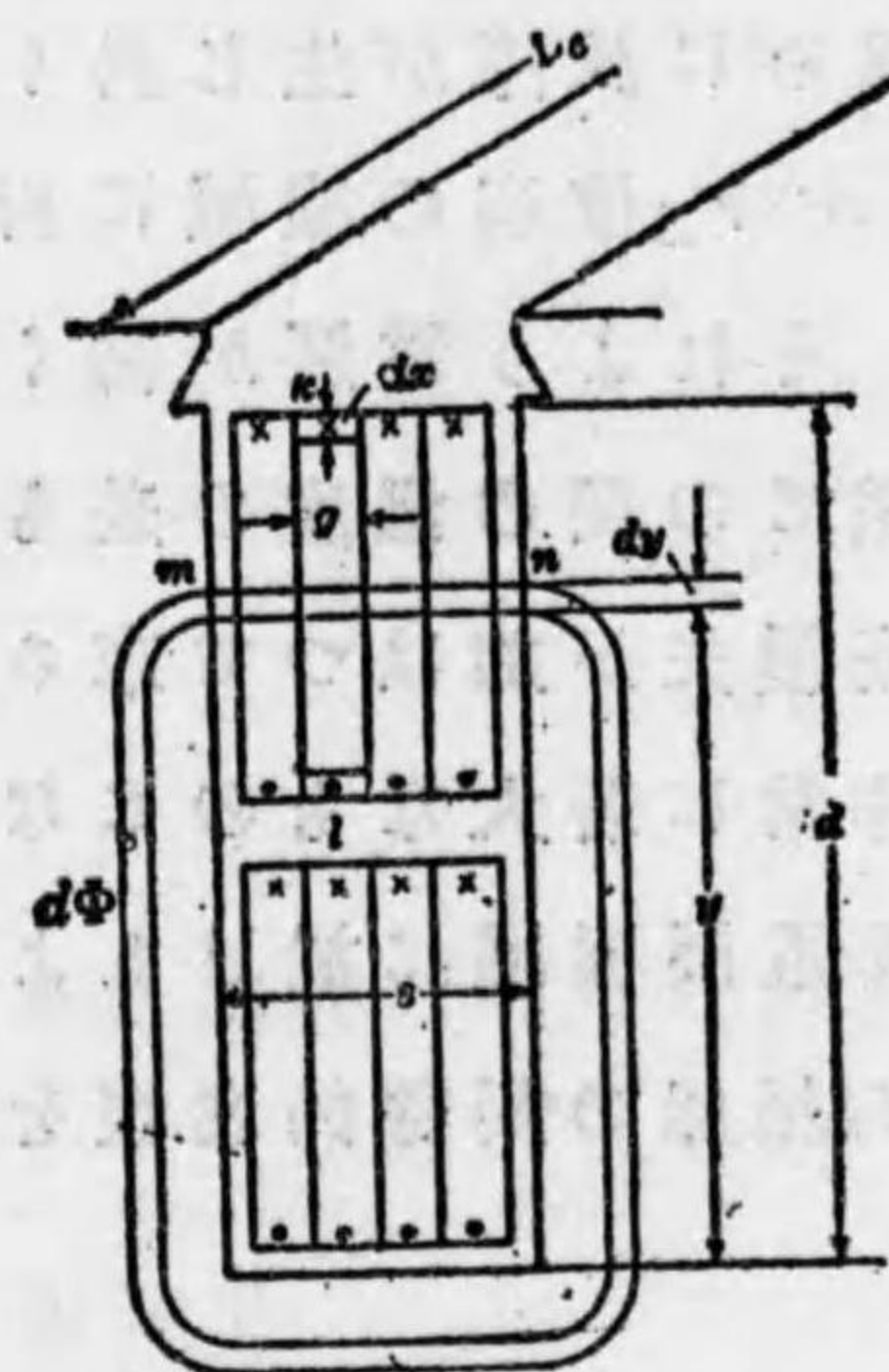
鐵損失

發電子銅損失 (渦流損失を閉却して)

負荷損失、之は主に導線内の渦流損失である。

此等の負荷損失は次の様にして決定される。即ち發電機が其の發電子を「アムメーター」で短絡して規定速度に運轉して居る時、其の發電子に全負荷電流を通

第百八十圖



すに足る丈の界磁で勵磁し其の場合の原動電動機の入力を測定する。それから磁界を取り去つて、發電子回路を開き、又原動電動機を取る電力を讀む。其の兩方の讀みの差は短絡鐵心損失と言つて、次のものを含んで居る。

發電子 I²R 損失、
漏洩磁束に依る發電子導線

内の渦流損失、

鐵心内の磁束に依る小さい鐵損失。

米國電氣工師會の標定規則では此の負荷損失を之に關する正確な資料の無い場合には

$$\frac{1}{3}(\text{短絡鐵心損失} - I^2R \text{損失})$$

と取る様に擧げてある。

191 發熱 (Heating)

廻轉田磁型交流機の固定子の温度上昇は直流機の發電子に於けると同じ様に制限される。

直流機に使つたのと同じ程度の質で、厚 0.014 吋の鐵板で組立てた固定子鐵心に對しては、次の磁束密度を

使用して居る。但し規定負荷に於ける温度上昇が攝氏 40 度を超過してはならぬといふ場合である。

周波數	最大齒密度 每平方吋の本數	最大鐵心密度 每平方吋の本數
60「サイクル」	90,000	45,000
25「サイクル」	110,000	65,000

此の値は開溝機械に對する標準の習慣を示したもので、今其の溝が部分的に閉ちて居て、空隙内の磁束の總が消去される場合だと、無負荷に於ける極面損失並びに導體内の渦流損失は閑却する事が出来て、其の密度も 15「バセント」位増加して差支ない。

端部接續の發熱は $\frac{\text{毎吋の「アムペア」導線}}{\text{毎「アムペア」の「サーキュラーミル」}}$ なる比の値を第百八十一圖に示した値以下に取つて制限される。此の曲線は廻轉界磁開放型機械に對するものである。

同一の曲線を鎖型及び複層型何れの捲線にも使へる。鎖型捲線は複層型捲線よりも放熱面積は僅か小さいが、もつと開放的である爲めに線輪間の空氣の循環をよくする。

固定子發熱は廻轉子發熱の影響を受ける。それは固定子を冷却する空氣が廻轉子の表面を通過し、其の間に熱せられるからである。廻轉子が熱くなる程固定子に吹き込まれる空氣が熱くなり、發電所内の空氣

以上固定子の温度上昇が大きくなつて来る。

発電所の通風は其の中で運轉する機械の温度上昇といふ事に關するものである。調革原動機の場合だと調革が発電所内の空気を循環せしめる。直結原動機の「フライホキール」も同様の作用をする。然し水車の場合では所内の空気の循環は一般に機械自身に依つて生ずるものであつて、之に「ファン」でも装置して置かなければ、空気が其の機械に通過して再び吸ひ込まれる爲めに熱せられて、充分大きく設計してあつてもよく熱して来るものである。斯様な機械は一般に窪んだ所に設置してあるので溝で以つて外界の空気に通じて置けば所内空気の温度以上其の機械の温度の昇る事が減せられる事になる。

192 高電壓機械に於ける内部温度

(Internal Temperature in High Voltage Machines)

機械の中心部に於ける銅と端接續部に於ける銅との間の温度差は、其の銅内の總べての熱が導體に沿うて軸狀に傳導されるものとすると、

$$\frac{5.7 \times 10^4 \times \left(\frac{L_c}{2}\right)^2}{(\text{毎「アムペア」の「サーキュラーミル」})^2} \text{ (攝氏の度にて)}$$

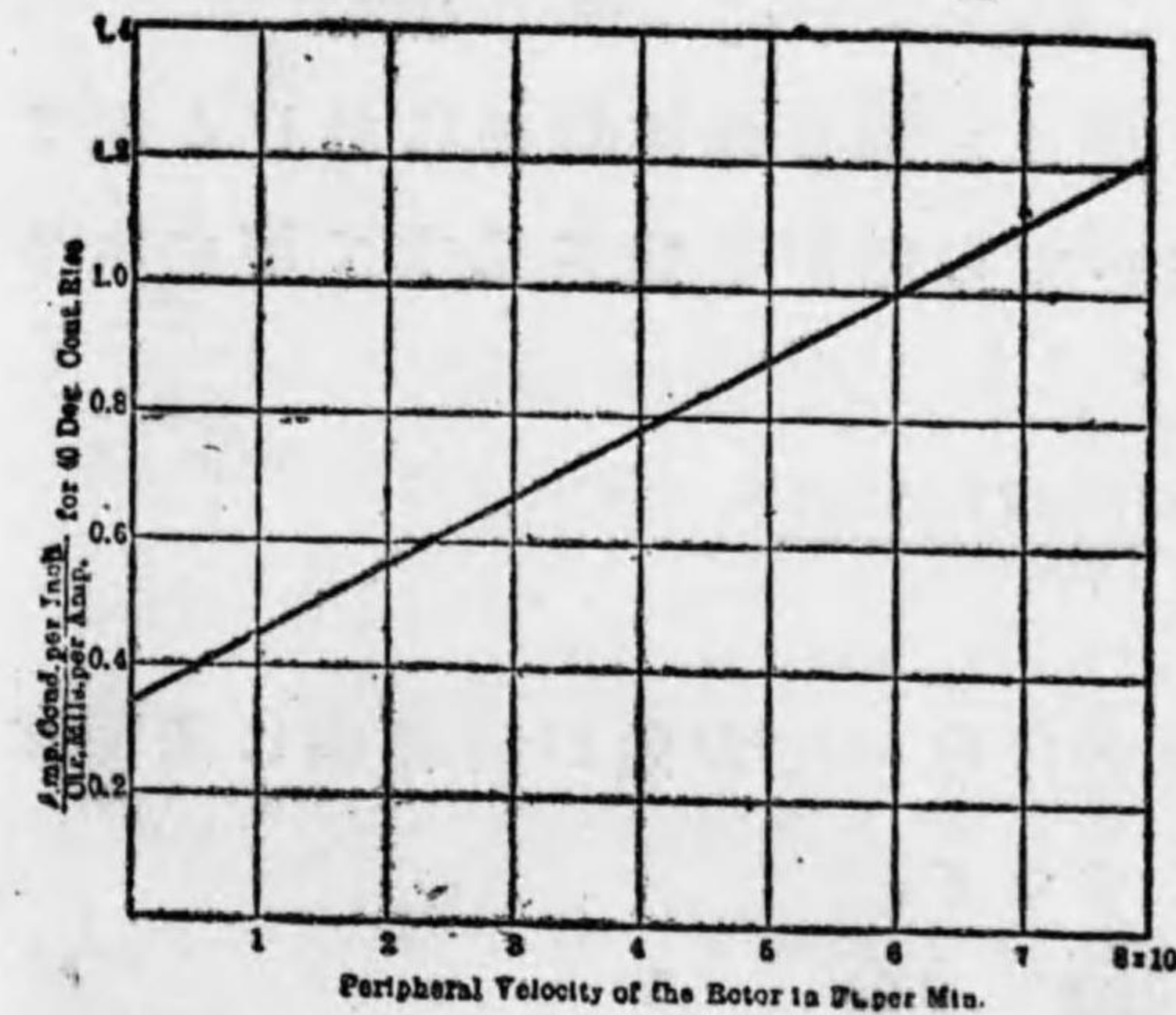
に等しいが、其等の熱が總べて溝絶縁を通じて導かれるものとすると銅と鐵との間の温度差は

$$\frac{\text{毎溝の「アムペア」導線}}{\text{毎「アムペア」の「サーキュラーミル」}} \times \frac{\text{絶縁の厚さ}}{2d+s} \times \frac{1}{0.003}$$

(攝氏の度にて)

に等しいといふ事は既に第九十四項で指摘して置いた。

第 百 八 十 一 圖



廻轉田磁型交流機の固定子端接續に對する發熱曲線

此等の關係式の結果は高電壓機械の場合には餘程考慮を要するといふ事は次の例を見るとよく解る。

第二百二項には75「バセント」の過速度に於て安全に運轉すべき水車に直結した2750「キロヴォルト、アムペア」廻轉界磁型發電機の豫備設計を示してある。是れ丈の過速度に對して其の出力を出さしめるには「フレーム」を長くしなければならぬので自然其の機械の直径を制限する事になる。

「フレ-△」の長さ	=28,5"	
絶縁の厚さ	=0,25"	(11,00「ヴェルト」に対して)
溝「ピッチ」	=2,8"	
溝幅	=1,0"	
溝深さ	=3,5"	
毎時の「アマペア」導線	=700	(假定)
毎「アマペア」の「サーキュラーミル」	=100	(假定)

機械の中心部に於ける銅と端接続部に於ける銅との間の温度差は總べての熱が導體に沿うて導かれるものとするれば、

$$= \frac{5.7 \times 10^4 \times (14.25)^2}{700^2} = 24^\circ\text{C}$$

又銅と鐵との温度差は總べての熱が溝絶縁に通じて傳導されるものとするど、

$$= \frac{700 \times 2.8}{700} \times \frac{0.25}{8} \times \frac{1}{0.003} = 29^\circ\text{C}$$

斯様な場合には銅損失の大部分は端接続へ傳はつて、之に依つて放散される。従つて之を冷たく保つには
 $\frac{\text{毎時の「アマペア」導線}}{\text{毎「アマペア」の「サーキュラーミル」}}$ なる比は第百八十一圖に出した値よりも低く取らなければならぬし、端接続の温度上昇は機械の中心部に於ける銅が餘り暑くなつて絶縁を焦がす様な事のない様に規定の負荷に於て凡そ攝氏30度位に制限しなければならぬ。

第二十四章 設計方法

193 出力等式 (The Output Equation)

$$E = 2.22kZ\phi_a f \times 10^{-8} \quad (\text{第25式})$$

$$= 2.12Z \times (B_p \phi \tau \times L_c) \times \frac{p \times r.p.m.}{120} \times 10^{-8}$$

$$(k=0.96, \quad q = \frac{nZI_c}{\pi D_a} \text{ として})$$

依つて $nEI =$ 出力を「ワット」で表はしたもの

$$= n \times 2.12Z B_p \phi \tau L_c \times \frac{p \times r.p.m.}{120} \times 10^{-8} \times \frac{\pi D_a q}{nZ}$$

$$= \frac{2.12 \times \pi^2 \times 10^{-8}}{120} \times B_p \phi L_c r.p.m. q D_a^2$$

$$\text{又} \quad D_a^2 L_c = \frac{\text{volt amperes}}{r.p.m.} \times \frac{5.7 \times 10^8}{B_p \phi q} \quad (32)$$

B_p 即ち皮相空隙密度の値は最大固定子密度 B_i の許し得べき値で以つて制限される。此の B_i の値は第191項で指定した通り開溝機械では大體

60「サイクル」に於て毎平方吋 90,000 本

25「サイクル」に於て毎平方吋 110,000 本

位のものである。

$$\text{扱て} \quad \phi_a = B_i \phi \tau L_n \times \frac{t}{\lambda}$$

$$\text{又は} \quad = B_p \phi \tau L_c$$

$$\text{従つて} \quad B_p = B_i \times \frac{t}{\lambda} \times \frac{L_n}{L_c}$$

$\frac{L_n}{L_c}$ なる比は通風溝や薄片板間の絶縁を考へに入れ

ると凡そ 0.75 位に等しい。 $\frac{1}{g}$ 比は溝の「ピッチ」と共に變化する。例へば今或る交流發電機に於て溝數が半分になつたと想像して見る。導線の總數は何ちらの場合に於ても同じ丈け入用であるから、銅に要する全空間は一定であるが、溝の絶縁に要する空間は其の厚さか變はらないものであるから略溝の數に比例して來る、従つて溝の數が半分になると其の幅は元の幅の倍よりは小さくなるかも知れぬ。だから $\frac{\text{齒}}{\text{溝}}$ の比は溝の「ピッチ」が増加すると共に大きくなつて來る。

溝の「ピッチ」は 2.75 吋より大きく作る事は稀であるそれは斯様な溝に對する線輪内の銅の断面は線輪の放熱面積に比べて大きくつて捲線を冷たく保つて置く事が六づかしくなるからである。

第百八十二圖は開溝機械で實際に見る $\frac{\text{齒}}{\text{溝}}$ の比と溝の「ピッチ」との關係を表はしたものであるが、之を豫備の設計に使つても可い。

B_0 は上に示した關係式から解るので、第百八十三圖に於ては溝の「ピッチ」を適當に假定して此を磁極「ピッチ」に對して曲線に取つてある。

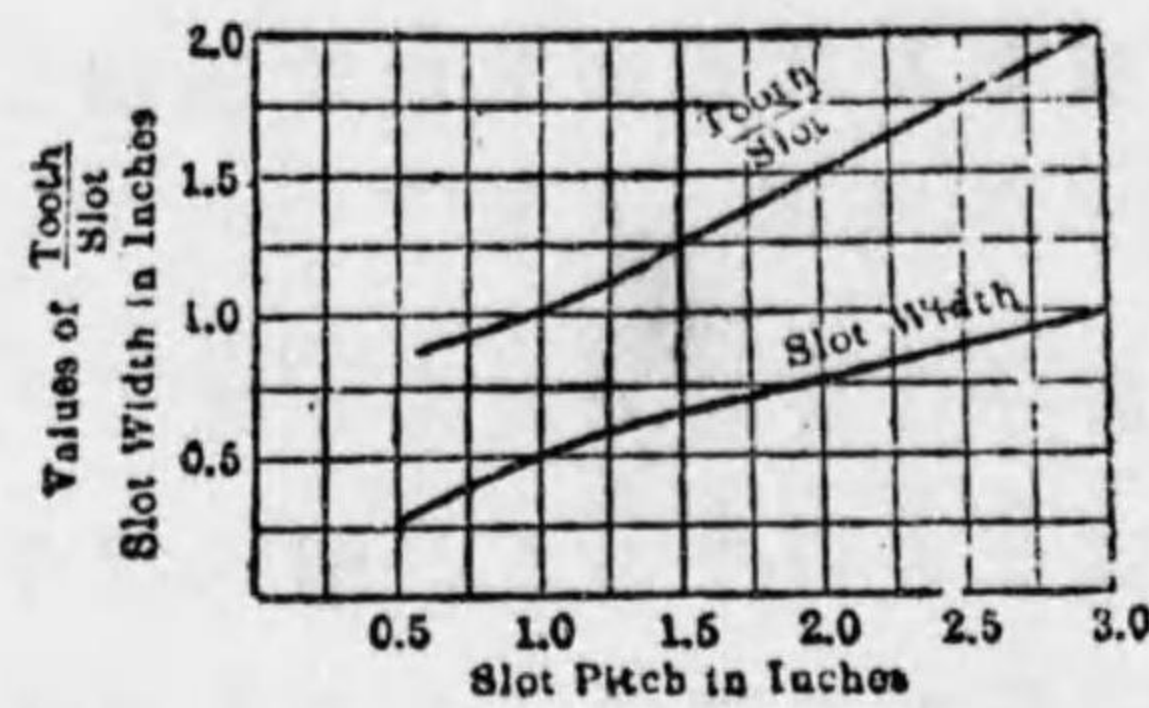
交流發電機に對する B_0 の値は直流機械のものよりも遙かに小さい。それは直流機の發電子は廻轉するが交流機のは固定して居るといふ所から交流機の方

が其の齒の磁束密度が低いからである。従つて或る出力や速度に對する $D_0 L_0$ の値は直流機よりも交流機の方が大きい。

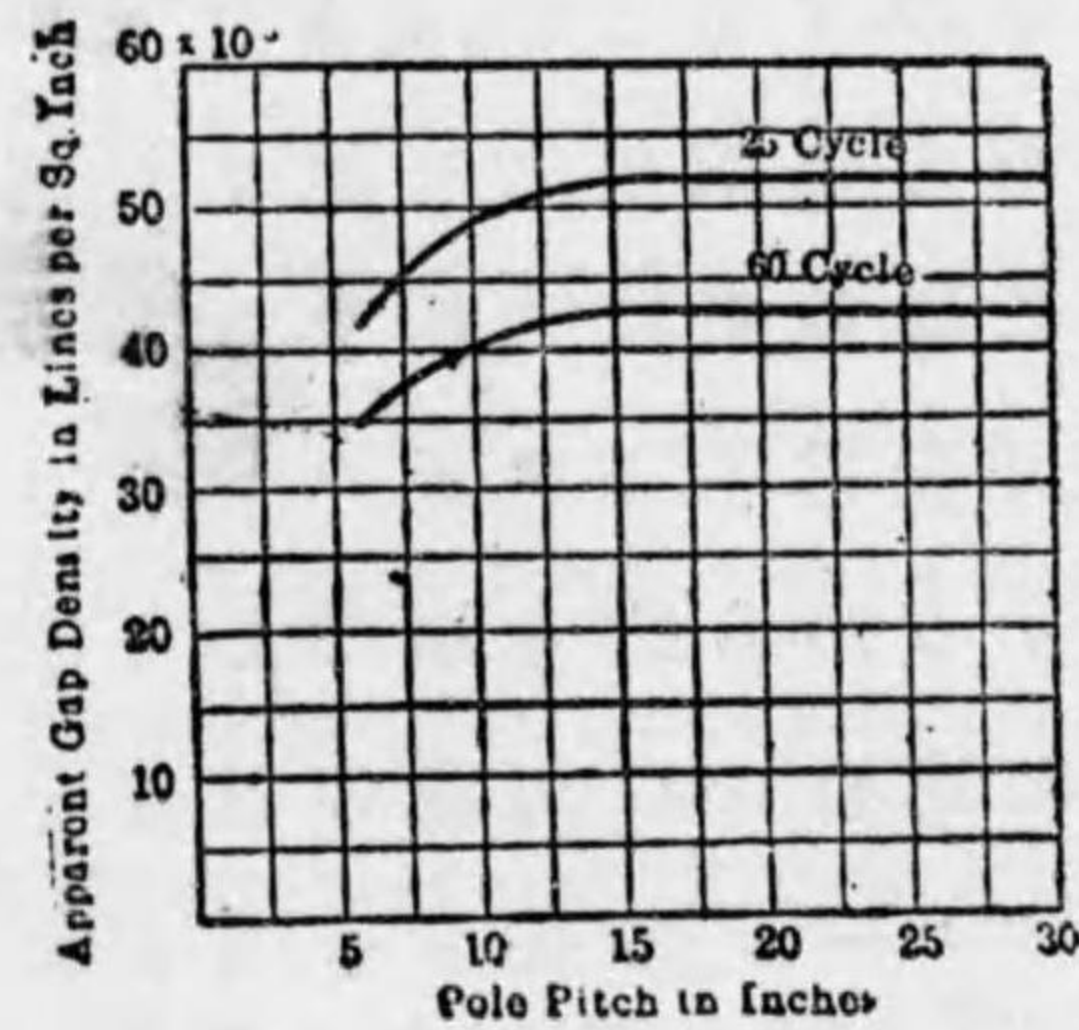
g の値は一部分は發熱で制限されるが、主に豫期する調整の値に依るものである。例へば今假りに或る格定に對し g の値が増加するものと想像して見る。即ち此の機械の導線の數を増加するとか、直徑を減少すれば出来る。前者の場合即ち導線の數を増した場合には發電子反作用は每極の導線數に比例するものであるから増加して來るし、又發電子「リアクタンス」は每溝の導線數の自乗に比例するから之も増加して來る。後者即ち直徑を減少した場合には每極の磁束を通す爲めに直徑が減ると「フレーム」の長さを増さなければならぬし、周邊の毎時に於ける「アンペア」導線數が大きくなるので溝を深くしなければならぬ。すると双方共其の變化が發電子「リアクタンス」を増加する事になる。發電子反作用は每極の導線數に依つて、 $0.35 \times (\text{每極の導線數}) \times I_0$ に等しいから變はらない。

第百八十四圖に示した g の値は豫備設計の最初の近似値に使用するもので、若し全負荷、零力率の磁界勵磁が每極の發電子「アンペア、ターン」に對する比が 3 より小さくならず、又無負荷、規定電壓に於ける磁極密

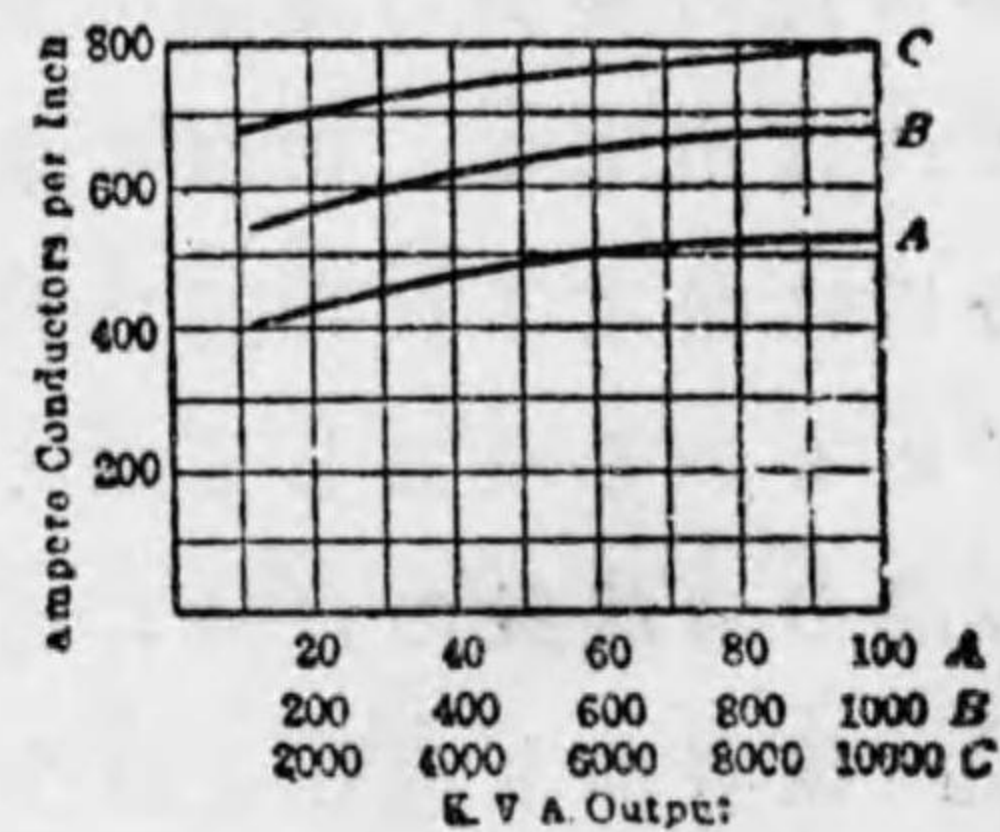
第百八十二圖



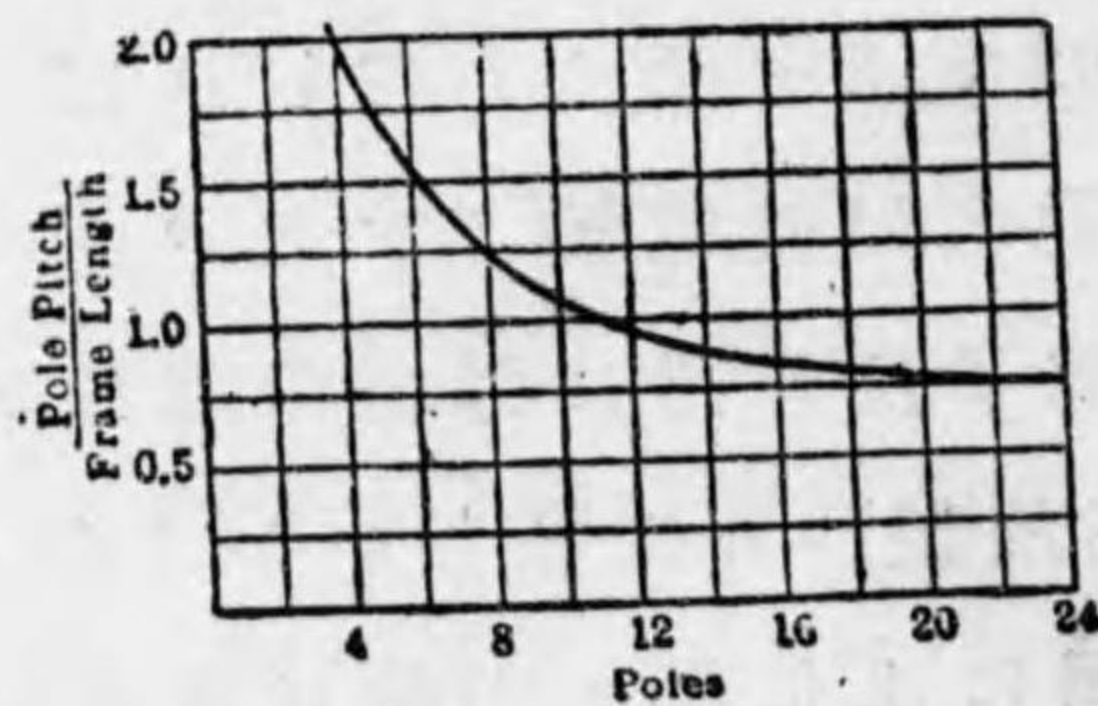
第百八十三圖



第百八十四圖



第百八十五圖



豫備設計に使ふ曲線

度が毎平方吋約 95,000 本だとすると、大體調整 (Regulation) はよくなる。

194. D_a 及 L_c の關係 (The Relation between D_a and L_c)

最も良好な機械が出来る様に $D_a^2 L_c$ の値と其の分力に分離し得る簡単な方法と言つては別がない。直流機の場合には磁氣的負荷と電氣的負荷との間の比を D_a 及 L_c を決定する爲めに使ひ、それから線輪に經濟的の形狀を與へる様に極數を選んだのである。

交流機に於ける極數は速度と周波數とで決まるものであるから、機械の直徑や長さは線輪の經濟的形狀といふ上から選ばなければならぬ。若し例へば或る直徑に於ける極數が増加したとすると、磁極の「ピッチ」が減じて界磁線輪が益々扁平になり遂には機械の直徑を増して其の長さを短縮する方が直徑を一定に保つよりも經濟的な様な點に達するものである。

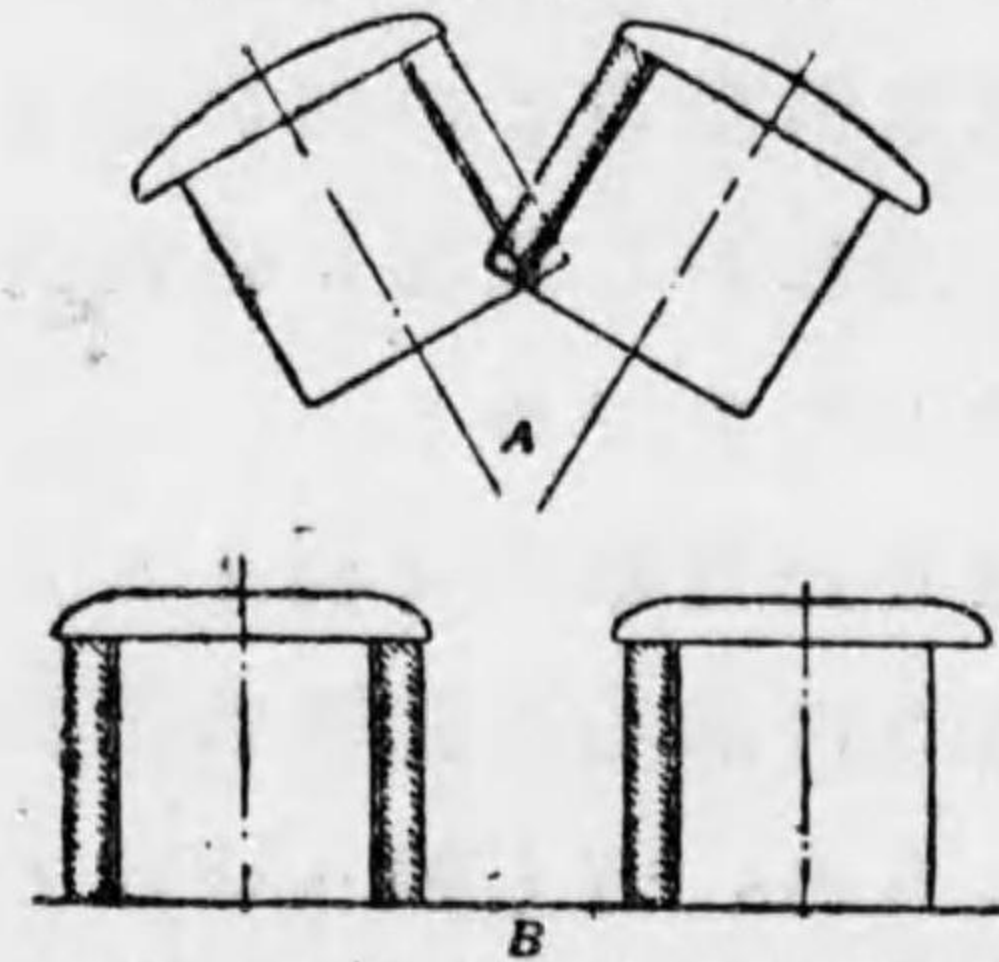
195. 磁極數が「極數「ピッチ」の比に及ぼす影響

(The Effect of the Number of Poles on the Ratio $\frac{\text{Pole-pitch}}{\text{Frame Length}}$)

第百八十六圖は磁極數に關して互に對稱的な二臺の機械の部分を示して居る。即ち其の磁極「ピッチ」空隙、每極發電子「アンペア・ターン」及び每極數はA機械で少なく、B機械では多い。圖を見ると、前者に於ては磁極間の角度が大きい爲めに界磁線輪に對する空間がない事が解る。界磁線輪を磁極に取り附ける爲

めには界磁線輪の径状の長さを増加しないで、即ち此の長さが主に關係する每極の發電子「アムペア、ターン」

第百八十六圖



極数が界磁線輪の長さに及ぼす影響

を増加しないで、機械の直徑を増加する事が必要である。従つて每極同數の發電子「アムペア、ターン」を大きな磁極「ピッチ」上に置かなければならぬし毎時の「アムペア」導線 q の値も自然に減少しなければならぬ事になる。

機械の直徑が増加しても、每極の磁束は一定に保つて置かねばならぬ。左もなければ磁極の腰部が増加する事になる。磁極の弧は變はらないで、 $\frac{\text{極弧}}{\text{極「ピッチ」}}$ の比は直徑が増加すると共に減少し、四極や六極の機械に於ては約0.6位の値を持つ様になつて来る。

磁極數の少ない爲めに生ずる上記の困難は高周波數の機械に於けるよりも低周波數のものに於て一層著しい。それは低周波數の機械に於ては一般に每極の出力が大きいからで、例へば

400 k.v.a., 514 r.p.m., 60-cycle の機械には14極あつて每極の出力 28.5 k.v.a.,

400 k.v.a., 500 r.p.m., 25-cycle の機械では6極、每極の出力 67 k.v.a.,

每極 67 k.v.a. の出力を持つた6極、60「サイクル」の交流機は毎分 1200 廻轉の時 400 k.v.a. の格定を持つて居て、上記 25「サイクル」の機械の様に組立てる事は困難だが、殆んど故障のない位である。

第百八十四圖の q の値は10極以上の機械に當て依まる。4極の機械では此の値は最初の近似値には30「パーセント」に減じ、6極のものには20「パーセント」位に減じなければならぬ。

第百八十五圖は直徑が周邊速度で制限されない場合には廻轉磁界機械で一般に見る比 $\frac{\text{磁極「ピッチ」}}{\text{「フレーム」の長さ}}$ の値を示すもので、豫備の設計に使ふ事が出来る。極數の減少と共に此の比の増加する理由は上に指摘して置いた。

196. 設計法 (Procedure in Design)

$$D_o^2 L_c = \frac{\text{volt amperes}}{r.p.m.} \frac{5.7 \times 10^8}{B_o \phi q} \quad (\text{第 32 式})$$

$$\text{又 } \frac{\text{磁極「ピッチ」}}{\text{「フレーム」の長さ}} = \text{常數} \quad (\text{第 185 圖より})$$

$$\text{従つて } L_c = \frac{\text{磁極「ピッチ」}}{\text{常數}} = \frac{\pi \times D_o}{p \times (\text{常數})}$$

$$\text{又 } D_o^2 = \frac{\text{volt amperes}}{r.p.m.} \times \frac{5.7 \times 10^8 \times p \times (\text{常數})}{\pi \times B_o \times \phi \times q} \quad (33)$$

此の中 B_p は第百八十三圖から大體解るし、 q は第百八十四圖から解り、 ϕ は最初の近似に對して 0.65 と假定し、第百八十五圖から 常數 = $\frac{\text{磁極「ピッチ」}}{\text{「フレーム」の長さ}}$ の比が解るから、 D_a は大體求められる。

既に得たのよりも 20「パーセント」だけ大きな直径のもので、今一つは 20「パーセント」小さいもので、都合三つの豫備設計を表示する。

捲かれる丈の全導線數 = $\frac{q \times \pi D_a}{l_c}$ を見出し、使用する捲線が單一の回路で三相ならば $I_c =$ 全負荷線電流となる様に Y 形に接続するものと假定する。

次に溝數を出す 配布捲線(第 141 項参照)の特色を發揮し得る爲めに出來得べくんば每極少くとも溝數は二つ宛なければならぬ。が然し溝の「ピッチ」は 2.75" を超過してはならぬ。(第 193 項)

次に每溝の導線數 = $\frac{\text{全導線數}}{\text{溝數}}$ を決める。適當な捲線の得られる様に最も近い數を取る。

次に之に相當する全導線數を見出す。

關係式 $E = 2.22kZ\phi_a f 10^{-8}$ (25 式) から ϕ_a を見出す、實際の「フレーム」の長さは次の様にして見出す。

$$\text{溝の「ピッチ」} = \frac{\pi \times D_a}{\text{全溝數}}$$

第 182 圖を使つて此の値を $s+t$ で割る。

$$\text{所要の最小齒面積} = \frac{\phi_a}{\text{長大齒密度}}$$

但し開溝機械に對する最大齒密度 = 60「サイクル」では每平方吋

90,000 本

= 25「サイクル」では每平方吋

110,000 本

又部分的に閉じた溝を持つた機械では之よりも 15「パーセント」位大きい。

每極の齒面積 = (每極の溝數) $\times \phi \times l \times L_m$ 之から L_m の値を出す事が出来る。

$$L_m = \frac{L_c}{0.9}$$

$L_c = L_m +$ (中央通風溝)、但し此の通風溝は幅 0.5 吋宛隔てゝ置いてある。

空隙の長さ δ は次の様にして見出す。

$$B_p = \frac{\phi_a}{\tau \times \phi \times L_c}$$

$$\delta C = \frac{AT_p \times 3.2}{B_p}$$

但し AT_p は最初の近似値には 1.5 (每極の發電子「アンペアターンの」) に取る。

扱て界磁は第 182 項に述べた様にして粗まし設計される。そこで其の機械を尺度に引いて、それから飽和曲線を計算し、圖に引いて、調整を決定するのである。

若し調整が其の機械で望んだものよりも好いとか

悪いとかいふ場合には第183項で説明した様にして設計を變更しなければならぬ。

例、次の格定の交流發電機の寸法を大體決定する事。

400 k.v.a., 2400「ヴォルト」、3相、60「サイクル」96「アンペア」、毎分 600 廻轉、

之は次の通り表の形に書き出して見る。

皮相空隙密度	$B_p = 42,2000$	(第 183 圖から)	
毎時の「アマペア」導線	$q = 614$	(第 184 圖から)	
包圍率(百分率)	$\psi = 0.65$	(假定)	
磁極「ピツナ」 「フレム」の長さ	= 常數 = 0.95	(第 185 圖から)	
極數	$p = 12$	(60「サイクル」、600 r.p.m.)	
發電子直徑	$D_a = 43''$	(33 式から)	
直徑が之よりも小さいものと大きなものを次の通り取つて見る。			
發電子直徑	$D_a = 43''$	36''	52''
全導線數	$Z_c = 865$	725	1050
磁極「ピツナ」	$f = 11.3''$	9.4''	13.6''
每極溝數	= 3	6	6
全溝數	= 72	72	72
每溝の導線數	= 12	10	14
接続法	= Y	Y	Y
實際の全導線數	$Z_c = 864$	720	1008
每極の磁束	$\phi_a = 38 \times 10^6$	4.56×10^6	3.25×10^6
流の「ピツナ」	$\lambda = 1.88''$	1.57''	2.27''
溝幅	$s = 0.75''$	0.67''	0.85'' (第 182 圖)

最小齒幅	$t = 1.13''$	0.9''	1.42''
每極の所要齒面積	= 42.3 〇''	51 〇''	36 〇''
鐵の軸狀の眞長	$L_n = 9.6''$	14.5''	6.5''
全長	$L_o = 10.6''$	16.1''	7.2''
中央通風溝	= 3-0.5''	5-0.5''	2-0.5''
「フレム」の長さ	$L_c = 12.10''$	18.6''	8.2''
皮相空隙密度	$B_p = 42,800$	40,200	44,800
每極の發電子 AT.	= 3450	2880	4050
AT _p 假定	= 5200	4300	6100
δC	= 0.39	0.34	0.44

界磁方式

每極の最大 AT.	$AT_{max} = 10,400$	8,600	12,230
漏洩率假定	= 1.2	1.2	1.2
所要磁極面積	= 48 〇''	58 〇''	41 〇''
磁極の軸狀の長さ	$L_p = 11.6''$	18''	7.7''
磁極腰部	$W_p = 4.25''$	3.4''	5.6''
界磁線輪の深さ	$d_f = 0.75''$	0.75''	0.85''
平均捲數	$MT = 37''$	47''	32''
外周邊	= 39''	49''	34''
勵磁機電壓	= 120	120	120
針金の切斷面	$M = 38,500$	40,500	39,000
	= 0.04 x 0.75''	0.04 x 0.8''	0.04 x 0.8''
平方吋の「ワット」	= 6.6	5.5	6.5
空間率	$s_f = 0.8$	0.8	0.8
界磁線輪の徑狀の長さ	$L_f = 4.7''$	4.0''	5.2''

今度は三種の機械を第百八十七圖に示した様に尺度に合はして引く。

直徑 36 吋の機械は鐵心の組立に費用が懸るが、52 吋

の方は鐵轂 (yoke) の材料の様な餘り役に立たぬ材料に費用が要る。

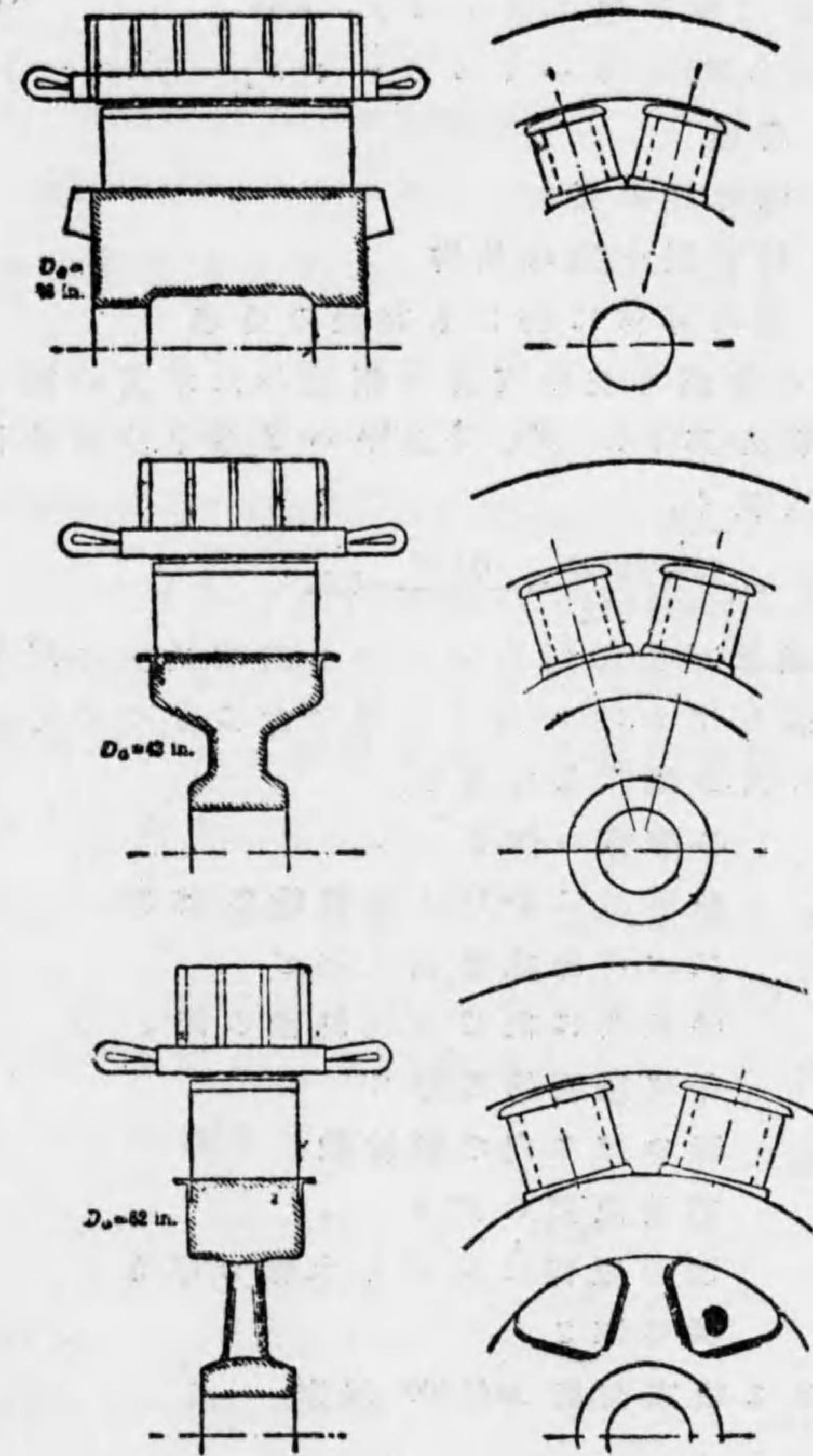
運轉に關しては兩機械の間に餘り選ぶ所はない。每極の發電子「アンペア、ターン」は何の場合でも每極の界磁「アンペア、ターン」の同じ分數であつて、發電子「リアクタンス」に依る電壓落下も各設計に對して殆んど同様である。36" の機械に於ては空隙が小さくつて、長さ L_c が大きいので「リアクタンス」を大きくする傾きがあるが、每溝には十本の導線しかない。52" の機械では空隙が大きくつて、「フレーム」の長さが短くなり、每溝の導線數は14となる。即ち「リアクタンス」といふものは每溝の導線數の平方に比例するものである。

36" の機械は直徑に對して長さが寧ろ長くつて適當に通風をつける事が六つかしい。事實寧ろ「ファン」を要する位である。

三種の機械の重量や勞働價格之は工場の大いさや其の編制法に依つて違ふがの事をよく考へた後36" の機械が最も満足すべきものとして撰擇した事と假定して見る。すると今度は此の機械の設計を完成して見る必要がある。

巻線

第百八十七圖



400k.v.a., 60cycle, 60r.p.m. 交流發電機の設計の比較

毎時の「アマペア」導線 $= \frac{96 \times 861}{\pi \times 43} = 614$

毎「アマペア」の「サーキュラールミ」 $= 1.05$

(第181圖か5)

毎「アムペア」の「サーキュラーミル」=600
 全負荷に於て毎導線の「アムペア」=96
 導線の断面=58,000「サーキュラーミル」=0.046平方吋

- 0.75 溝幅
 - 0.132 溝絶縁の幅
 - 0.04 線輪餓心間の餘裕
 - 0.578 銅及導線に於ける絶縁の全幅
- 幅0.07"の帯銅を使つて此の銅線を六本溝の幅なりに並べ、各導線を厚さ0.006"の木綿「テープ」を半分宛重ね合はして巻いて置く。

導線の深さ = $\frac{\text{導線の断面}}{\text{導線の幅}} = \frac{0.046}{0.07} = 0.65''$

流の漏洩磁束の爲めに生ずる渦流損失の厄介を除くには導線を深さ0.325"宛の二個の片に分つのである。

流の深さは次の様にして出す。

- 0.325" 各導線の深さ
- 0.024" 各導線に於ける絶縁物の深さ
- 0.70" 二本の絶縁導線の深さ
- 0.162 各線輪に於ける溝絶縁の深さ
- 0.862 各絶縁線輪の深さ
- 2 溝の深さ内の線輪數
- 1.72 線輪空間の深さ
- 0.20 溝の頂部に於ける木條の厚さ
- 2.0 溝の深さ

餓心に於ける磁束密度 = 45,000 假定

餓心面積 = $\frac{\phi_a}{2 \times 45,000} = 42$ 平方吋

餓心の深さ = $\frac{\text{餓心面積}}{\text{實鐵}} = 4.5$ 吋

發電子の外徑 = 56 吋

上記の資料は第102項に示した様な設計書に書き込むのである。

197 界磁設計 (Field Design)

之は第183項に示した様にして行ふのであるが、其の界磁方式を完全に設計してから、飽和曲線を決定し、圖に引いて、それから調整を出す。

198. 一定の直徑に對して機械の長さを變化する事 (Variation of the Length of a Machine for a Given Diameter)

新しい指定の機械を設計する場合に、既に出來た機械と同じ抜型を使つて、其の出力及一定の直徑に適する機械の長さを調整すると非常な費用を節約し得る事がよくある。

今第196項で設計した 400 k.v.a. の機械を 50「パーセント」丈に短くしたり、長くしたりしたと想像して、期待し得る出力や其の機械の可能特性を出して見よう。三つの設計の要部を表に示して見ると下の通りである。

發電子直徑.....	43"	43"	43"
「フレーム」長さ.....	12.23'	8'	18.5'
端部通風溝.....	2-0.75'	2-0.55'	2-0.75'
中央通風溝.....	3-0.5'	2-0.5'	5-0.5'
線鐵.....	10.75'	7.0'	16'
實鐵.....	9.6'	6.3'	14.4'
溝數.....	72	72	72
毎溝の導線數.....	12	13	8

導線の大きさ.....	2(0.70×0.325"), 0.09×0.325", 2(0.11×0.3")		
接続法.....	Y	Y	Y
毎時の「アンペア」導線.....	614	614	614
毎「アンペア」の「サーキュラー」.....	600	580	580
毎極の発電子 AT.....	3450	3450	3450
毎導線の「アンペア」.....	96	64	144
毎相の端子電圧.....	2400	2400	2400
出力 (k.v.a.).....	407	267	600

上記の機械は次の題目の下に論じてある。

毎溝の導線数 (Conductors per Slot)

発電子抜物は同じ物を使はうといふのだから、溝数が一定して居て、違つた機械の同じ磁束密度に對しては毎極の磁束が實鐵の長さに正比例しなければならぬ。扱て毎導線の電圧は毎極の磁束に比例する、従つて同じ端子電圧に對しては毎相直列にある導線数は毎極の磁束に反比例し、従つて「フレーム」の長さに於ける實際の長さに反比例する。

導線の大きさ (Size of Conductor)

同一の全銅断面に對しては之は毎溝の導線數に反比例し従つて「フレーム」の長さ内にある實鐵の長さに正比例する。

電流格定 (Current Rating)

導線内の電流密度が同一であれば各導線の電流は導線断面、従つて「フレーム」の長さに於ける實鐵に比例

しなければならぬ。

出力 (Output)

各場合の電圧が同一であると、k.v.a. 出力は電流従つて「フレーム」の長さに於ける實鐵に比例する。

空隙餘裕 (Air Gap Clearance)

毎導線の電流は毎溝の導線數に反比例し、従つて毎溝の「アンペア」導線は各場合に同一で、毎極の発電子「アンペア、ターン」即ち $\frac{\text{毎溝の「アンペア」導線}}{2} \times \text{毎極の溝數}$ は「フレーム」の長さには無關係である。従つて最大勵磁及空隙餘裕も「フレーム」の長さには無關係である。

調整 (Regulation)

毎極の減磁「アンペア、ターン」

$$= 0.35 \times (\text{毎極の導線數}) \times I_c$$

I_c は毎溝の導線數に反比例するから毎極の減磁「アンペア、ターン」は「フレーム」の長さには無關係である。

発電子「リアクタンス」落下

$$= 2\pi f p b^3 c \left[\frac{\phi_s L_s}{2} + (\phi_s + \phi_i) L_c \right] 10^{-8} \times I_c$$

但し $\frac{\phi_s L_s}{2}$ は一定なる磁極「ピッチ」に關するものであるから「フレーム」の長さには無關係である。

ϕ_s は溝が變はらないから各場合に同様である。

ϕ_i は齒及空隙が變はらないから各場合に同一で

ある。

發電子「リアクタンス」落下は従つて

$$(每溝の導線數)^2 \times 電流 \times (A + BL_c)$$

即ち(每溝の導線數)(A + BL_c)

即ち $\frac{(A + BL_c)}{L_c}$ に比例する。但し A 及 B は常數である。

従つて機械が長くなればなる程外の事が變はらないから其の「リアクタンス」落下は低くなり、調整がよくなる。

磁極漏洩磁束は一定なる横腹漏洩と「フレーム」の長さ
に比例する極面漏洩とから成立して居る。每極の
磁束 ϕ_a は「フレーム」の長さに正比例し、

$$漏洩率 = \frac{\phi_a + \phi_c}{\phi_a} = \frac{C + DL_c}{FL_c}$$

但し C, D 及 F は常數であつて、一定の直径に組立つた
最も長い機械に對して最も小さい。

然し機械の長さを長くすると組立方式を著しく修
正したり、「ファン」を附けたりしなければ鐵心の中央
部を冷却する事が不可能な様な點に到達するし、尙又
磁極の断面が益々正方形から離れて行く様な事にな
るものであるから無暗に長くする事は出来ない。

199. 違つた電壓に對する捲線

(Windings for Different Voltages)

400 k.v.a., 2400 「ヴォルト」、96「アンペア」、3相、60「サ

イクル」、毎分 600 廻轉なる交流發電機は次の様に組立
てた。

内徑	43"
「フレーム」の長さ	12.25"
溝數	72
溝の大きさ	0.75" x 2.0"
每溝の導線數	12
每溝導線の大きさ	$\sqrt{2}(0.07" \times 0.325")$
接続法	Y

今次の電壓に對する發電子捲線を設計して見よう。

600 「ヴォルト」、3相、60「サイクル」

2400 「ヴォルト」、2相、60「サイクル」

每溝の導線數を見出す事 (To find the Conductors per
Slot)

$$E = 2.22kZ\phi_a f 10^{-8}$$

$$= (\text{常數} \times k \times (\text{每溝の導線數}) \times \frac{\text{溝數}}{\text{相數}})$$

$$= (\text{常數}) \times k \times \frac{\text{每溝の導線數}}{\text{相數}} \quad (\text{一定の「フレーム」})$$

及周波數に對して)

今の機械に對しては $k = 0.966 \dots \dots \dots$ (3相捲線)

$= 0.911 \dots \dots \dots$ (2相捲線)

$$\text{又上記の(常數)} = \frac{\text{每相の「ヴォルト」} \times \text{相數}}{k \times \text{每溝の導線數}}$$

$$\frac{2400}{1.73} \times 3 = 0.966 \times 12$$

=360

600「ヴォルト」、3相捲線に對しては

每溝の導線數 = $\frac{\text{每相の「ヴォルト」} \times \text{相數}}{k \times (\text{常數})}$

= $\frac{600 \times 3}{0.966 \times 360}$

=5.2 即ち約5. (但し每相の電壓600「ヴォルト」、即ち△形捲線の場合)

= $\frac{\frac{600}{1.73} \times 3}{0.966 \times 360}$

=3.0 (但し每相電壓 $\frac{600}{1.73}$ 「ヴォルト」にして即ちY形捲線の場合)

此の双方の内 Y形接続の捲線の方が良い。それは起電力波形に第三波調が省かれるからであるが、△接続の捲線の場合には第三波調が△形の閉回路に循環電流を生ずる事になる。

捲線が複層であるから、每溝の導線數は2の倍數でなければならぬ。従つて實際に使ふ捲線は每溝六本の導線を持つて居て二回路に接続される。

2400「ヴォルト」、2相捲線に對しては

每溝の導線數 = $\frac{\text{每相の「ヴォルト」} \times \text{相數}}{k \times (\text{常數})}$

= $\frac{2400 \times 2}{0.911 \times 360}$

=14.7

每溝15本の導線を使ふ爲めには、捲線が複層ならば、每溝30本の導線を使つて捲線を二回路に接続する事が必要である、そして各導線の大きさは小さくなつて来る。そこで每溝14本の導線を使用する方がよくなつて来て、此の數にすると機械の磁束密度は普通の2400「ヴォルト」3相捲線に對するものよりも5「パーセント」だけ高くなつて来る。

導線の大きさを決める事

(To find the Size of Conductor)

各場合に固定子損失や固定子發熱を同一にしようとする爲めには $\frac{\text{毎時の「アマペア」導線}}{\text{毎「アマペア」の「サーキュラーミル」}}$ の比を一定に保つ事が必要である。之は次の通り表の形に出した。

k.v.a.	端子電壓	相數	每線の「アマペア」	接続法	每導線の「アマペア」	每溝の導線數	導線の大きさ	毎時の「アマペア」導線	毎「アマペア」の「サーキュラーミル」
400	2400	3	96	Y	96	12	2(0.07×0.325'')	614	600
400	600	3	334	YY	192	6	4(0.07×325'')	614	600
400	2400	2	83	一回路	83	14	2(0.055×0.325'')	620	550

、毎「アマペア」の「サーキュラー、ミル」の値から二相機械は此の格定に對しては溝内に充分な銅を入れる事が出来ないから三相機械よりも10「パーセント」許り暑

くなるといふ事が解る。此の事は二相式の機械には持前の事である。それは一定の「フレーム」格定及端子電圧に對しては

$$\frac{\text{每溝の導線數}-\text{二相}}{\text{每溝の導線數}-\text{三相}Y} = \frac{E_i \times 2 \times 1.73 \times 0.966}{0.911 \times E_i \times 3} = 1.22$$

$$\text{又 } \frac{\text{每導線の電流}-\text{二相}}{\text{每導線の電流}-\text{三相}Y} = \frac{k.w.}{2E_i} \times \frac{1.73 E_i}{k.w.} = \frac{1}{1.16}$$

即ち二相格定に對する每溝の導線數は三相格定のものよりも22「パーセント」大きい、每導線の電流は唯の16「パーセント」だけ減じて来る。

200. 二重綿捲線の界磁線輪を有する機械の例

(Example of a Machine with Field Coils of D.C.C. Wire.)

次のものは75 k.v.a., 2400「ヴォルト」、3相、18「アンペア」、60「サイクル」、毎分1200廻轉の交流發電機に對する豫備設計である。

皮相空隙密度 $B_p = 42,000$ (第183圖から)

毎時の「アンペア」導線 $q = 450$, (第184圖からの値よりも

20「パーセント」低く、第195項参照)

包圍率 $\psi = 0.65$ (假定)

$\frac{\text{磁極「ピッチ」}}{\text{「フレーム」の長さ}} = \text{常數} = 1.6$ (第185圖から)

磁極 $p = 9$ (毎分1200廻轉, 60「サイクル」に於て)

發電子直徑 $D_i = 21''$

全導線數 $Z_i = 1650$

磁極「ピッチ」 $\tau = 11''$

每極の溝數 $= 6$

全溝數 $= 36$

每溝の導線數	= 46
接続法	Y
實際の全導線數	= 1656
每極の磁束	$\phi_a = 2.0 \times 10^6$
溝「ピッチ」	$\lambda = 1.83$
溝幅	$s = 0.75$ (第182圖から)
最小齒幅	$l = 1.03$
每極の所要齒面積	= 22.2 平方吋
鐵の軸狀の實長	$L_n = 5.3''$
全長	$L_o = 5.9''$
内部通風溝	= 1-0.5''
「フレーム」の長さ	$L_f = 6.4''$
皮相空隙密度	$B_p = 43,000$
每極の發電子 AT	= 2480
假定 AT _v	= 3700
δ_c	= 0.27%

界磁方式

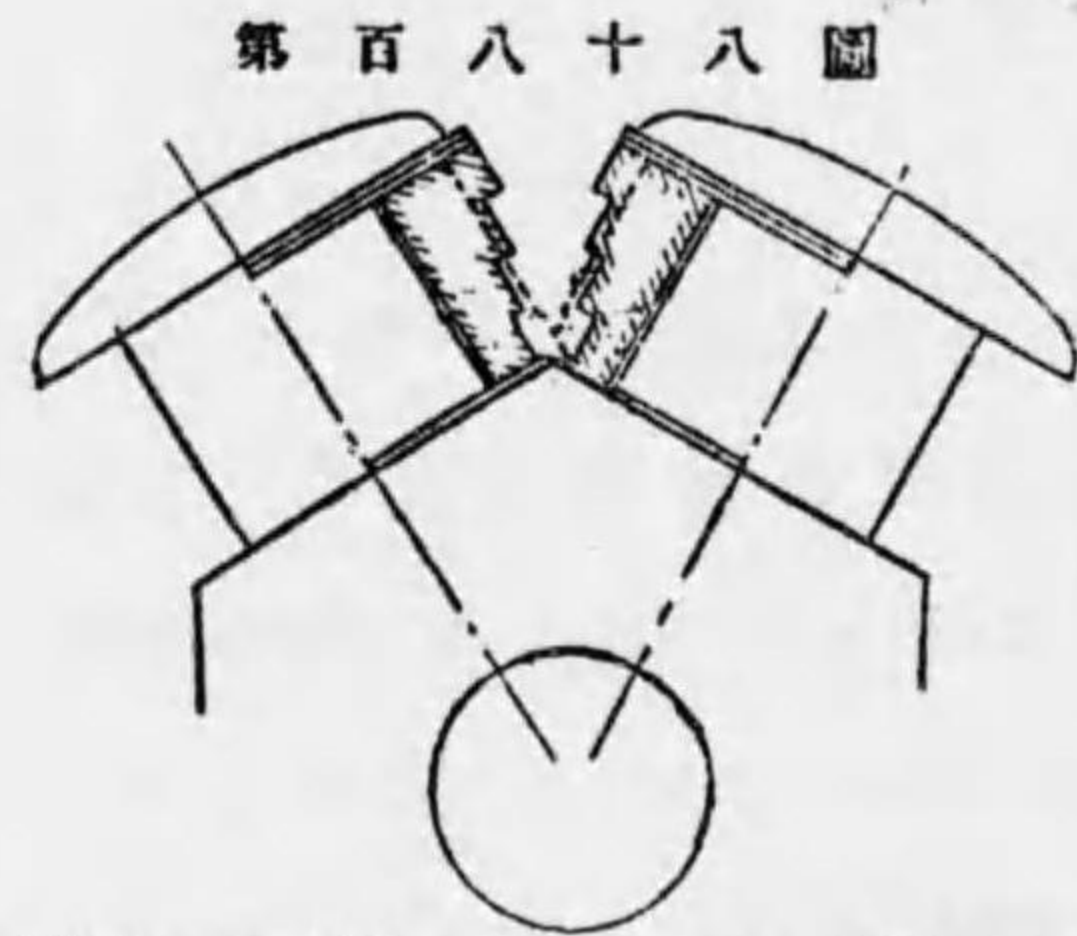
每極の最大 AT,	$AT_{max} = 7500$
假定漏洩率	= 1.2
磁極面積	= 25.5 平方吋
磁極の軸狀の長さ	$L_p = 6.0''$
磁極腰部	$W_p = 4.5''$
界磁線輪の深さ	$d_f = 1.0''$ 假定
平均捲	= 25''
外周	= 29''
勵磁電壓	= 120 「ヴォルト」
界磁導線の断面	= 9500 「サーキュラーミル」 (10,500「サーキュラーミル」の断面を持つた B&S 角形 11 番線使用)
毎平方吋の「ワット」	= 1.7 (第177圖)

空間率 = 0.086
 界磁線輪の径状の長さ $L_l = 3.25''$

1 吋の一樣な厚さに設計した界磁線輪は第百八十八圖に點線で示し、線輪の實際の形は太線で示した。

20% 25「サイクル」交流發電機の設計

(Design of a 25-cycle Alternator)



第百八十八圖

次の格定の交流發電機に對する二種の設計は下に示してある。400 k.v.a., 2400 「ヴォルト」、3相、96 「アムペア」、25「サイクル」毎分500廻轉、

75 k.v.a., 60「サイクル」、毎分1200廻轉の交發電機の界磁方式

第一の設計に於ては毎時の「アムペア」導線の値を

第百八十四圖から取り、第二の設計では之よりも20「パーセント」低い値を使つて、包圍率も減じた。

皮相空隙密度	$B_p = 52,000$	52,000
毎吋の「アムペア」導線	$q = 614$	510
包圍率	$\psi = 0.05$	0.6
$\frac{\text{磁極「ピッチ」}}{\text{「フレーム」の長さ}} = \text{常數} = 1.6$		
磁極	$p = 6$	6
發電子直徑	$D_a = 41''$	41''
全導線概數	$Z_c = 820$	730

磁極「ピッチ」	$\tau = 21.5''$	23''
每極の溝數	= 9	9
全溝數	= 54	54
每溝の導線數	= 15	13
接続法	= Y	Y
全導線數	$Z_c = 810$	702
每極の磁束	$\phi_1 = 9.7 \times 10^6$	11.2×10^6
溝「ピッチ」	$\lambda = 2.39''$	2.56''
溝幅	$s = 0.9''$	0.9''
最小齒幅	$t = 1.49''$	1.66''
每極所要齒面積	= 88 平方吋	102 平方吋
鐵の軸狀の實長	$L_n = 10''$	1.14''
全鐵	$L_0 = 11''$	12.7''
内部通風溝	= 3-0.5''	3-0.5''
「フレーム」の長さ	$L_c = 12.5''$	14.2''
皮相空隙密度	$B_p = 55,000$	57,000
每極の發電子 AT	= 6500	5600
假定 AT_f	= 9750	8400
δC	= 0.57	0.47
界磁方式		
每極の最大 AT	= 19,500	16,800
假定漏洩率	= 1.2	1.2
磁極面積	= 120 平方吋	142 平方吋
磁極の軸狀の長さ	$L_p = 12''$	13.7''
磁極腰部	$W_p = 10.5''$	11''
界磁線輪の深さ	$d_f = 1.5''$	1.5''
平均巻長	= 50''	55''
外周	= 55''	60''
針金の斷面	= 49,000	46,000

	=0.026"×1.5"	0.024"×1.5"
(此の針金は曲げにくいので、二重の捲線と断面	0.052"×0.75"	0.048"×0.75"
の導線を使用する事)		
毎平方吋の「ロット」	=4.0	4.2
空間率	=0.86	0.86
界磁線輪の径状の深さ	=7.3"	6.1"

兩機械の部分は第百八十九圖に尺度に合はして引いた。之に依ると第一の設計の方は修正しなければ不可能だといふ事が解る。界磁線輪はもつと短く作

第百八十九圖



400 k.v.a., 25「サヒクル」毎分 500 回転の交流発電機の界磁方式

れるが、然しそうすると放熱面積が減じて界磁線輪の温度上昇が餘り大きくなる。そこで二重綿捲線を使つて第百八十八圖に示した通り傾斜をつ

けて作る事が出来る。

本章で行つた設計は今迄使用した事のありそうな唯一の可能的のものと想像してはならぬ。此の機械から期待する調整が今行つた特殊の設計から求めたものと違つて居るとすると、其の設計を根本的に變化する必要がある。然し、一つの設計が完結して其の特

性迄決定した場合には或る要求を満たすに要する變化は容易に決定し得られるものである。

第二十五章

高速度交流発電機

202. 過速度に組立てた交流発電機

(Alternators Built for an Overspeed.)

高速度機械の標準的の例といへば水車に直結した交流発電機の様なものである。

水車の周邊速度は動作する水の速度よりも少ない。若し斯んな機械に於ける荷重が突然無くなつて、调速機が充分敏活に働かないものとする。其の機械は殆んど水の速度に等しくつて、使用する水車の型に應じて規定以上60乃至100「パーセント」位な周邊速度で運轉する迄加速して行く事になる。

水車に直結した交流発電機は其の機械の遠心力に依る應力(Stress)が危険にならないで、上記の過速度に運轉し得る位小さい直徑のものでなければならぬ。此の直徑に達すると一定の速度に対する出力は單に其の機械の長さを増加して大きくする事が出来る、或る長さに達してからは特殊の通風法を使用しなければ其の中央部を冷たく保つて置く事が不可能になつて来る。

例 次の格定の交流発電機の寸法を大體決定する

事。

2750 k.v.a., 2400「ヴォルト」、3相、660「アムペア」、60「サイクル」、毎分600廻轉、此の機械が75「パーセント」の過速度で運轉しなければならぬものとする。

若し此の設計を普通の方法で行つたとすれば、次の様な結果が出て来る。

皮相空隙密度	$B_p = 43,000$
毎時「アムペア」導線	$q = 720$
包圍率	$\psi = 0.7$
$\frac{\text{磁極「ピッチ」}}{\text{「フレーム」の長さ}} = \text{常數} = 0.95$	
極磁	$p = 12$
電圧子直徑	$D_a = 76''$

此の直徑だと毎分600廻轉の時周邊速度は毎分12,000呎で、此の過速度に於ては周邊速度が毎分21,000呎となる。斯んな速度に於ては遠心力に依る「ストレス」が大きいので、安全な廻轉子を作る事は六づかしい。

第百九十圖に示した式の構造だと、安全で而も比較的安價な機械としては毎分17,500呎の周邊速度に作る事が出来るが、之では普通の運轉状態に於ては毎分10,000呎の周邊速度に相當し、又問題の機械に對しては64吋の最大直徑に當つて居る。

扱て今の設計を續けて行つて見ると、

電圧子直徑 $D_a = 61''$

全導線數(見込)	$Z_c = 220$
磁極「ピッチ」	$\tau = 16.8''$
每極の流數	$= 6$
全流數	$= 72$
每流の導線數 = 3.0, 每流 6本の導線を使つて捲線を Y 形二回路に接続する。	
全導線數(實際)	$Z_c = 216$
每極の磁束	$\phi_p = 15.2 \times 10^6$
流「ピッチ」	$\lambda = 2.8''$
流幅	$s = 0.95''$
齒幅	$t = 1.85''$
每極に要する齒面積	$= 169$ 平方吋
鐵の軸狀の實長	$L_n = 21.7''$
鐵の全長	$L_o = 24.25''$
内部通風流	$= 9-0.5'$
「コレクタ」の長さ	$L_c = 28.75''$

設計の殘部は普通の方法で行り、それから機械の中央部を冷たく保つて置くのに要する通風法を示した第百九十圖の様に尺度に合はして其の機械を圖に引いて見る。廻轉子の端部には「ファン」を装置して空氣の壓力を生せしめ、「バンチング」の背部を横切り通風溝をも通じて空氣を押し出す様になつて居る。Aの所には廻轉子線輪が遠心力で張り出さない様に線輪保持物を取附けて置く。

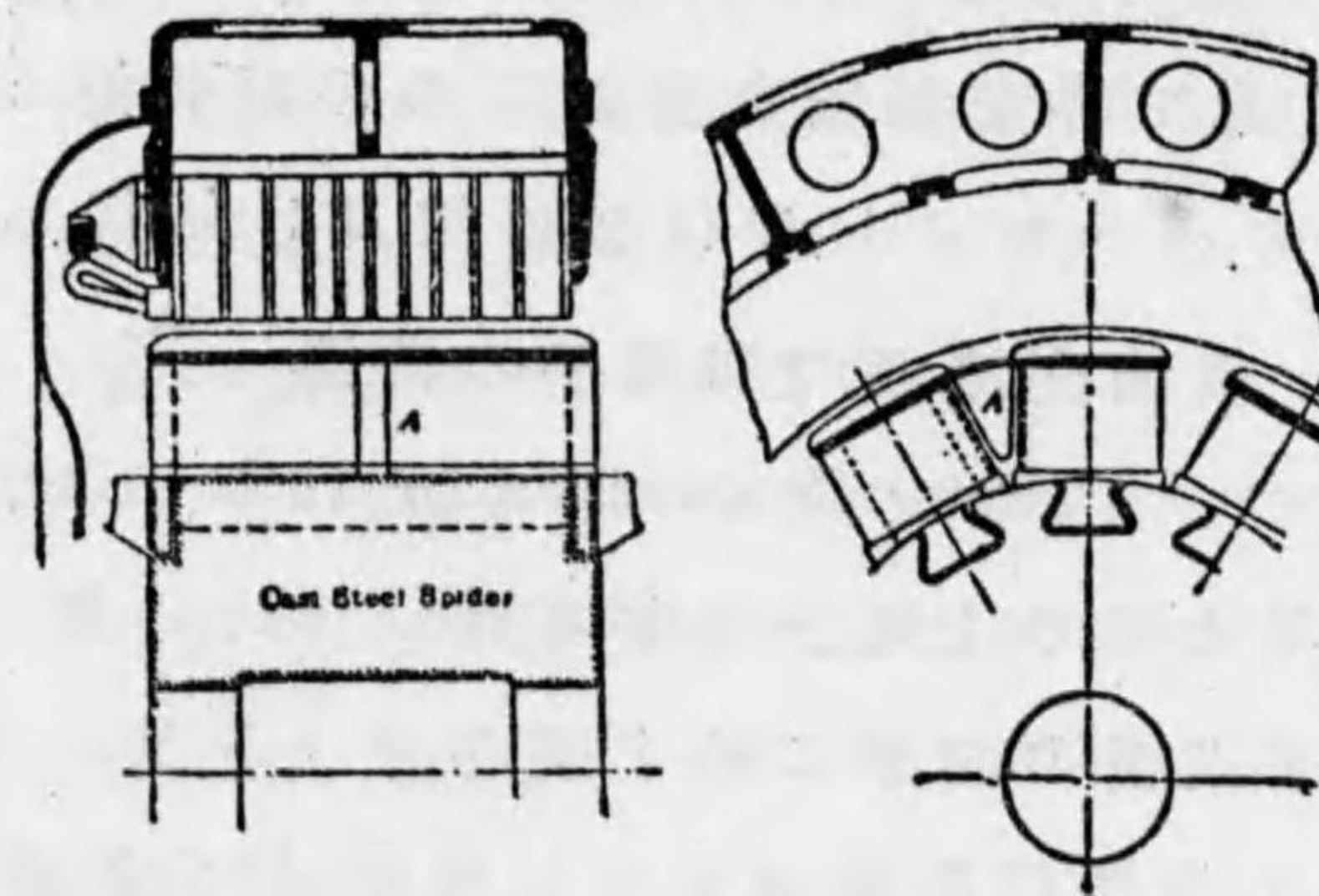
203. 渦輪交流發電機 (Turbo Alternators.)

蒸汽「タービン」に直結した交流發電機は高速度で運轉するから、大きな格定のものに対しても極數が少くない。第195項で極數が少くない時には必要な界磁銅に対する空間を見出す事は困難になつて來るが、然し此の困難は機械の直徑を増加し、毎時の「アムペア」導線數 q の値を低下して救ふ事が出来る。

渦輪交流機の場合には遠心力に依る機械内の「ストレス」が其の安全な制限に達する迄直徑を増加する譯には行かないので何か外の解決法を講じなければならぬ。

界磁に於ける每極の「アムペアターン」の數は發電子の設計を変更しないで所要以下に減ずる事が出来るが、第176節に指摘した通り之は機械の調整を悪くす

第百九十圖



75「パーセント」過速度で運轉すべき 2750 k.v.a., 600 r.p.m., 60「サイクル」水車原動交流發電機の畧圖、

る事となる

毎極の「アムペアターン」数は界磁及發電子双方共所要の値以下に減少する事が出来る。すると調整はよくなるかも知れぬが、導線数が減少するので、毎極の磁束は同じ格定に對しては増加して来る。従つて此の機械は磁束密度を低くする爲めに長くしなければならぬ従つて不經濟となる。

發電子及界磁双方に於ける「アムペアターン」数は望み通りにして置く事が出来るし、界磁線輪の方は暑く運轉さして置いても可い。すると調整もよくなるし、機械が餘り高くもならないが、高温度の爲めに損じない様に界磁の絶縁に「マイカ」とか石綿とかいふ風な材料を使用する事が必要になつて来る。斯んな絶縁では最大の磁界勵磁に於て抵抗に依る温度上昇を攝氏100度と見て界磁線輪を設計するのが普通である。之は約40「パーセント」の抵抗の増加に相當して居る。

204. 渦輪交流機の廻轉子の構造

(Rotor Construction for Turbo Alternators.)

渦輪交流機では周邊速度の高い爲めに斯んな機械の廻轉子表面の物體に働く遠心力は非常に大きい。例へば1封度の重量のものが毎分1800廻轉で毎分20,000呎の周邊速度で廻轉して居ると此の物には2000

封度の遠心力が働らく。従つて頑強な構造の式を採用する事が必要である。即ちよく平均が取れて、何時も非常に良い平均を保つて居る様なもので、廻轉子捲線は少しも働かない様に緊つかりと支へられて居なければならぬ。第百九十一圖に示した様な式の構造だと上の状態を満たし、尙廻轉子の表面には突起物がないので、空氣の渦巻きに依る風損や音響が最小となる。

205. 渦輪廻轉子に於ける應力

(Stress in Turbo Rotors.)

渦輪廻轉子の電氣的及機械的設計は相關聯して一緒に行つて行かなければならぬ。それは廻轉子線輪の下にある鋼の断面が機械的の強さに對して決まる迄は界磁銅に要する空間が解らないからである。第百九十一圖に示した式の廻轉子に於ける應力に就いて最も重要な點は大體次の様にして決定される。

廻轉子齒の底部に於ける應力

(Stress at the Bottom of a Rotor Tooth.)

今一つの齒が其の物自身の重量並に一つの溝の内容物の重量に依る遠心力を受け、又溝内の銅、絶縁物及夾の總重量が同容積の鋼の重量と同一だと假定して見る。

廻轉子軸狀の長さ1時に就いて考へて見ると第百九十二圖(寸法は總べて時にて)に於て

$$dw = 2\pi r \frac{\alpha}{360} \times dr \times 0.28 \text{ 封度} = \text{影線部の重量}$$

$$v = \frac{2\pi r}{12} \times \frac{r.p.m.}{60} = \text{此の部の周邊速度}$$

$$dw \text{ に依る遠心力} = \frac{dw \times v^2 \times 12}{g \times r}$$

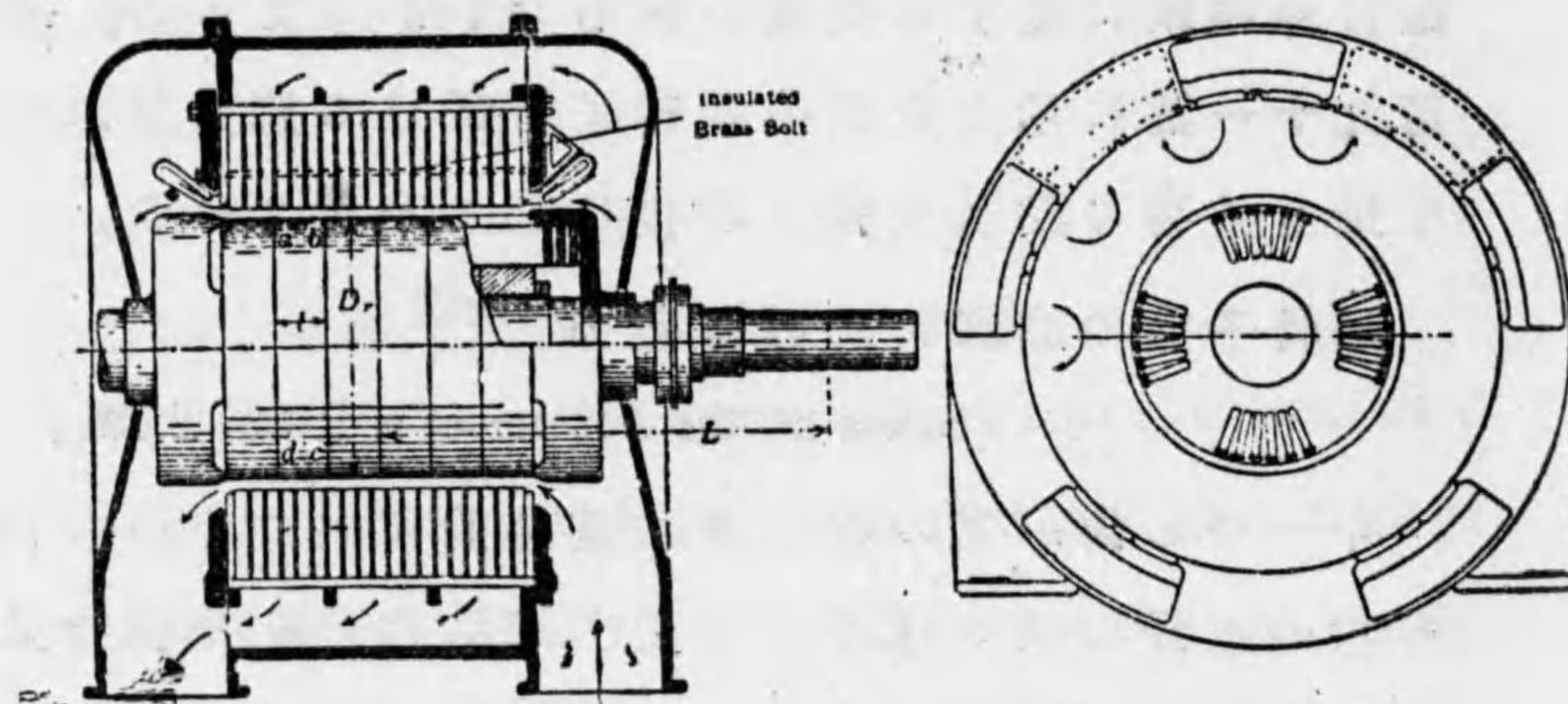
廻轉子の一つの齒にかゝる全遠心力

$$= \int_{r_2}^{r_1} 2\pi r \frac{\alpha}{360} \times dr \times 0.28 \times \left(\frac{2\pi r}{12} \times \frac{r.p.m.}{60} \right)^2 \times \frac{12}{g}$$

$$= \frac{(r_1^3 - r_2^3) r.p.m.^2 \times \alpha}{21.5 \times 10^6} \text{ 封度}$$

廻轉子の一つの齒の底部に於ける應力

第百九十一圖



5000 k.w., 1800 r.p.m., 60°サイクル渦輪交流発電機の畧圖、

$$= \frac{\text{遠心力}}{t}$$

$$= \frac{(r_1^3 - r_2^3) r.p.m.^2}{21.5 \times 10^6 \times t} \times \frac{(t+s) \times 360}{2\pi r_2} \quad (34)$$

圓盤に於ける應力 (Stress in the Disc)

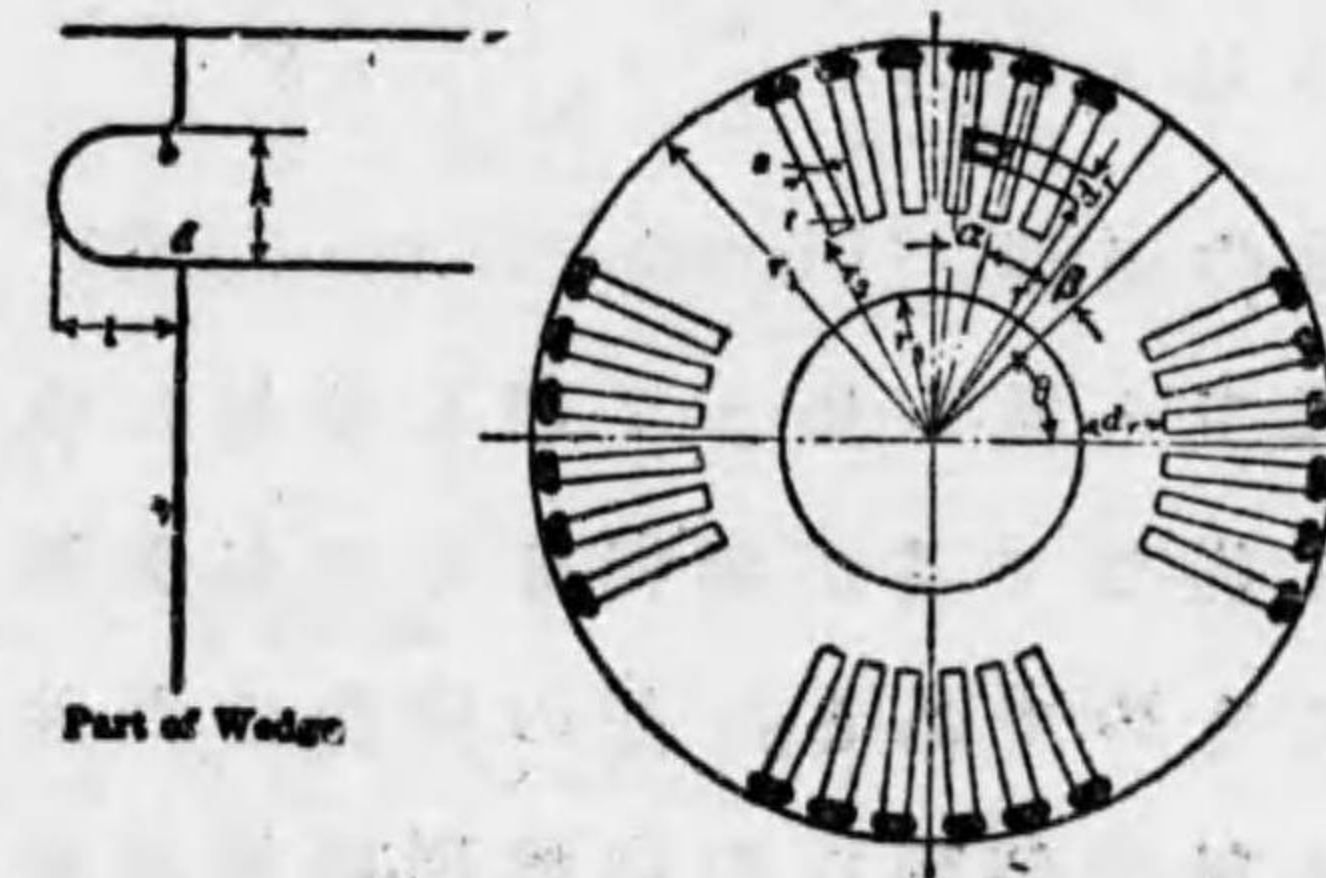
角β内に含まるゝ廻轉子の部分の遠心力

$$= \frac{(r_1^3 - r_2^3) r.p.m.^2 \beta}{21.5 \times 10^6} \text{ 封度}$$

$$\text{此の力の垂直分力} = \frac{(r_1^3 - r_2^3) r.p.m.^2 \beta}{21.5 \times 10^6} \sin \theta$$

廻轉子の半分に依る全垂直分力

第百九十二圖



$$= \frac{(r_1^3 - r_2^3) r.p.m.^2 \times 180}{21.5 \times 10^6} \times (\sin \theta \text{ の平均値})$$

$$= \frac{(r_1^3 - r_2^3) r.p.m.^2}{1.9 \times 10^6} \text{ 封度}$$

$$d_r \text{ 部分の應力} = \frac{(r_1^3 - r_2^3) r.p.m.^2}{3.8 \times d_r \times 10^6} \quad (35)$$

楔に於ける應力 (Stress in the Wedge)

楔に上方に向つて働らく全體の力は溝の内容物の遠心力であつて

$$\begin{aligned} &= \int_{r_2}^{r_1} s \times dr \times 0.3 \times \left(\frac{2\pi r}{12} \times \frac{r.p.m.}{60} \right)^2 \times \frac{12}{g \times r} \\ &= \frac{(r_1^2 - r_2^2) \times s \times r.p.m.^2}{2.3 \times 10^5} \\ &= P \end{aligned}$$

$$\text{剪断に依る } ul \text{ 區分の應力} = \frac{P}{2 \times h} = S$$

$$\text{彎曲に依る } l \text{ 點の應力} = \frac{P \times l}{4} \times \frac{6}{h^2} = B$$

$$\text{楔に於ける最大應力} = \frac{h}{2} + \sqrt{\frac{B^2}{4} + S^2}$$

206. 軸の直径 (Diameter of the Shaft)

何んな軸でも其が負うて居る重量に依つて振れるものだから、従つて其が廻轉する時毎廻轉に一度宛前後に曲がるものである。此の彎曲の周波數が軸承の間に於ける軸の側面への自然振動周波數と同一になる様な廻轉速度だとすると平衡が不安定となり振動が激げしくなつて軸が非常に頑丈でもなければ毀はれて了ふ様になる。斯様な速度を極限速度 (Critical speed) と言つて之が實際の運轉速度の 20「パーセント」以下では可けない。

渦輪廻轉子の極限速度(毎分廻轉數)

$$= (\text{常數}) \times \sqrt{\frac{EI}{ML^3}}$$

但し E = 軸の材料に對する「ヤング」率 (Young's modulus)

I = 直径の周りに於ける軸斷面の慣性力率 (Moment of inertia) = $\frac{\pi}{64} d^4$

$$M = \text{廻轉部の質量} = \frac{\text{廻轉子の重量}}{g}$$

$$2L = \text{軸承間の距離(第百九十一圖参照)}$$

常數* = 吋及封度の單位を使用すれば渦輪廻轉子に對しては 75

$$\text{従つて極限速度} = 100 \times d^2 \sqrt{\frac{28 \times 10^6}{\text{廻轉子重量} \times L^3}} \quad (36)$$

若し全體として振動する代りに軸が中央部を節(Node)として半分宛兩方で振動するものとすると此の調波の周波數は上式の L に $\frac{L}{2}$ の値を代入して得られ次の値に等しい。

$$= \text{基本周波數} \times 2^3$$

$$= \text{基本周波數の} 2.8 \text{ 倍。}$$

此の調波は基本周波數の約 2.4 乃至 2.6 倍に變化する値を持つて居ると云ふ事が實用上解つて居る。軸の振れは磁氣的不平衡が生じない様に一般に空隙餘裕の 5「パーセント」に制限されて居る。従つて

$$\text{振れ} = \frac{W \times (2L)^3}{84 EI} = 0.05 \text{ 吋}$$

* Behrend, Elect. Rev., N.Y., 1904, page 375.

但し W = 廻轉子の重量 + 不平衡磁氣的牽引力(封度にて), 第346項参照。

軸内の應力は次の様にして決定される。

$$M_b, \text{軸の中央に於ける彎曲力率} = \frac{WL}{2} \text{ 吋封度}$$

$$M_t, \text{扭率 (Twisting moment)} = \frac{\text{「ワット」入力}}{746} \times \frac{33000}{2\pi r.p.m.} \times 12$$

$$= \frac{\text{「ワット」入力}}{r.p.m.} \times 85 \text{ 吋封度}$$

$$M_e, \text{等價彎曲力率} = \frac{M_b + \sqrt{M_b^2 + M_t^2}}{2}$$

$$= \text{應力} \times \frac{\pi}{32} d_s^3 \quad (37)$$

207. 渦輪廻轉子の發熱 (Heating of Turbo Rotors.)

次に論じようとする所では第百九十一圖の廻轉子の $abcd$ 部に發生する熱は皆表面 $\pi D l$ から消失し従つて廻轉子の各部は其れ自身の熱を去つて捲線に沿うた軸狀には傳導といふものが存在しない事と假定して置く。

廻轉子銅及機械に這入る空氣の間の溫度差

= 銅より鐵に至る溫度差

+ 鐵及廻轉子表面の空氣間の溫度差

+ 廻轉子表面の空氣と機械に這入る空氣(攝氏15°と取る事が出来る)との間の溫度差

第94項に示した通り溝内の銅及鐵の溫度差

$$= \frac{\text{每溝の「アムペア」導線}}{\text{每「アムペア」の「サーキュラーミル」}} \times \frac{\text{絶縁の厚さ}}{2l+s} \times \frac{1}{0.003}$$

$$= \frac{\text{每極の「アムペア」導線}}{\text{每極の溝數} \times \text{每「アムペア」の「サーキュラーミル」}} \times \frac{1}{(2l)}$$

但し溝の絶縁の厚さ及溝の餘裕は0.1吋とし、溝内に平らに横へた帯銅の場合に對して s の値を閑却したのである。それは絶縁の層を通じては熱が傳はらないからである。

廻轉子表面及之を取圍んだ空氣の間の溫度差は次の様にして見出される。

断面 M 「サーキュラーミル」長さ l 吋の導線の抵抗

$$= \frac{l}{M} \text{ 「オーム」}$$

此の導線内の損失 = $\frac{I^2}{M}$ 「ワット」

$abcd$ 區分の全損失 = $\frac{I^2}{M}$ 每溝の導線數 \times 每極の溝數 \times

$$\text{極數} = \frac{\text{每極の「アムペア」導線}}{\text{每「アムペア」の「サーキュラーミル」}} \times p \times l$$

放熱表面每平方吋の「ワット」數

$$= \frac{\text{每極の「アムペア」導線}}{\text{每「アムペア」の「サーキュラーミル」}} \times \frac{p \times l}{\pi D l}$$

$$= \frac{\text{每極の「アムペア」導線}}{\text{每「アムペア」の「サーキュラーミル」}} \times \frac{1}{\pi}$$

此の表面の温度が之を圍む空氣の温度より昇る事は周邊速度毎分 20,000 呎の時毎平方吋毎「ワット」攝氏 10 度宛である。之は第百七十七圖の曲線を使つて得た値よりは低いが、此等の曲線は圓筒形の廻轉子よりも空氣の攪亂の良好な定極機械試験から求めた結果に基いたもので且又其の放熱表面は線輪の外表面だと假定したのである。但し之には前の圓筒形の廻轉子に對するものと同じ理由に基づくべき磁極及界磁線輪の表面をも含むべきである。

従つて廻轉子表面の外氣以上の温度上昇

$$= \frac{\text{每極の「アムペア」導線}}{\text{每「アムペア」の「サーキュラーミル」}} \times \frac{10}{\text{磁極「ピッチ」}}$$

發電所内へ入り込む空氣の温度以上廻轉子銅の温度上昇(攝氏の度にて)

$$= \frac{\text{每極の「アムペア」導線}}{\text{每「アムペア」の「サーキュラーミル」}} \left(\frac{10}{\text{磁極「ピッチ」}} + \frac{33}{\text{每極の溝數}} \right) + 15$$

又攝氏 100 度の温度上昇に對しては

每「アムペア」の「サーキュラーミル」數

$$= \frac{\text{每極の「アムペア」導線}}{85} \left(\frac{10}{\text{磁極「ピッチ」}} + \frac{33}{\text{每極の溝數}(2d)} \right) \quad (38)$$

208. 渦輪固定子の發熱 (Heating of Turbo Stator.)

渦輪交流發電機の放熱表面は其の出力の割合に一般に小さいものだから斯んな機械は強制通風に依つて冷却するのが可い。現今大抵の渦輪機 (Turbo) は自括的で其の廻轉子に空氣の必要な容積を動かすべき扇風機が取付けてある。此等の扇風機は非常に能率が悪くつて、之を通過して這入つて來る空氣が熱せられて 5 度乃至 10 度位温度が昇るものである。第百九十一圖に示した機械では外部の扇風機で空氣を供給し之が發電機に這入らぬ内に濾過する様になつて居る。

若し強制通風で冷却される機械に於て

t_1 = 入口に於ける空氣の温度 (攝氏の度)

t_0 = 出口に於ける空氣の平均温度 (攝氏度)

とすると、毎分此の機械を通過する一封度毎の空氣は毎分 $0.288(t_0 - t_1)$ 封度「カロリー」即ち $7.5(t_0 - t_1)$ 「ワット」宛を之と共に持つて行き、

且又毎分一立方呎の空氣は

$$0.536(t_0 - t_1) \text{ 「ワット」}$$

を持ち去るものである。但し一定の壓力の下に於ける空氣の比熱は 0.238、又一封度の空氣の容積は約 14 立方呎である。

若し機械の損失 1「キロワット」毎に毎分 100 立方呎

の空気を供給すると、空気の平均温度上昇は攝氏19度である。

今空気を毎分 V 呎の速度で鐵心の表面に吹きつけると、表面の上昇攝氏1度に対して毎平方吋の消費「ワット」數 $= 0.0245(1 + 0.00127V)$ 。毎分6000呎より高い速度を使ふのは一般によくはない。それは速度が高くなると空気の摩擦損失が大きくなつて、之が爲めに空気が熱して來るからである。此の空気の速度に対して攝氏1度の上昇に対する毎平方吋の「ワット」 $= 0.21$ 。

通風溝の表面毎平方吋の「ワット」數

$=$ 每立方吋の「ワット」數 $\times X$ (第百八十二圖)

但し $X =$ 通風溝の間の距離の半分

二吋の鐵片に対し、毎分6000呎の速度で其の鐵及空氣間の温度差攝氏10度の場合、

每立方吋の「ワット」數 $= 0.21 \times 10 = 2.1$

又 每封度の「ワット」數 $= 7.5$

但し第百八十一圖から解る通り此の値は次の磁束密度の値に依つたものである。

60「サイクル」の時毎平方吋 75,000 本

又 25「サイクル」の時毎平方吋 120,000 本。

實際渦輪發電機に於ける鐵損失は第百八十一圖の曲線から出した値の約0.7倍位である。それは此の損

失の大半が齒の背部にある鐵心内に生じ従つて溝の鍍掛には關係しないからである。渦輪發電機の極面損失も空隙が長くつて磁束の總附 (Tufting) を防ぐものであるから矢張り小さい。

渦輪發電機の様な長さの長い機械に於ては固定子銅損失に依る熱の大部分は溝の絶縁を通じて導かれて通風溝の側面から消失されなければならぬ。そして鐵心發熱のある限り之が鐵損失を減する作用に對應するものである。新らしい機械に對する磁束密度はもつと高い値をとるべき外の機械で試験して得た重要な注意がない限りは次の値を超過してはならぬ。但し厚さ0.014吋の普通の鐵に對して、

周波數	最大齒密度 (每平方吋の本數)	最大鐵心密度 (每平方吋の本數)
25「サイクル」	120,000	85,000
60「サイクル」	100,000	65,000

209. 短絡 (Short-circuits.)

規定速度で運轉して居る交流發電機を短絡して磁界勵磁を次第に増加すると任意の磁界勵磁に對して流れる電流は第百六十七圖の様な短絡曲線から求める事が出来る。規定電壓の勵磁で無負荷の場合短絡發電機電流が全負荷電流の三倍を超過する事は稀である。

短絡の際端子電圧も力率も兩方共零であつて、電壓落下は第百九十三圖のA線圖に示した通り發電子反作用に依る落下 $E_0 E_0$ と發電子「リアクタンス」落下 $I X$ とから成立つて居る。

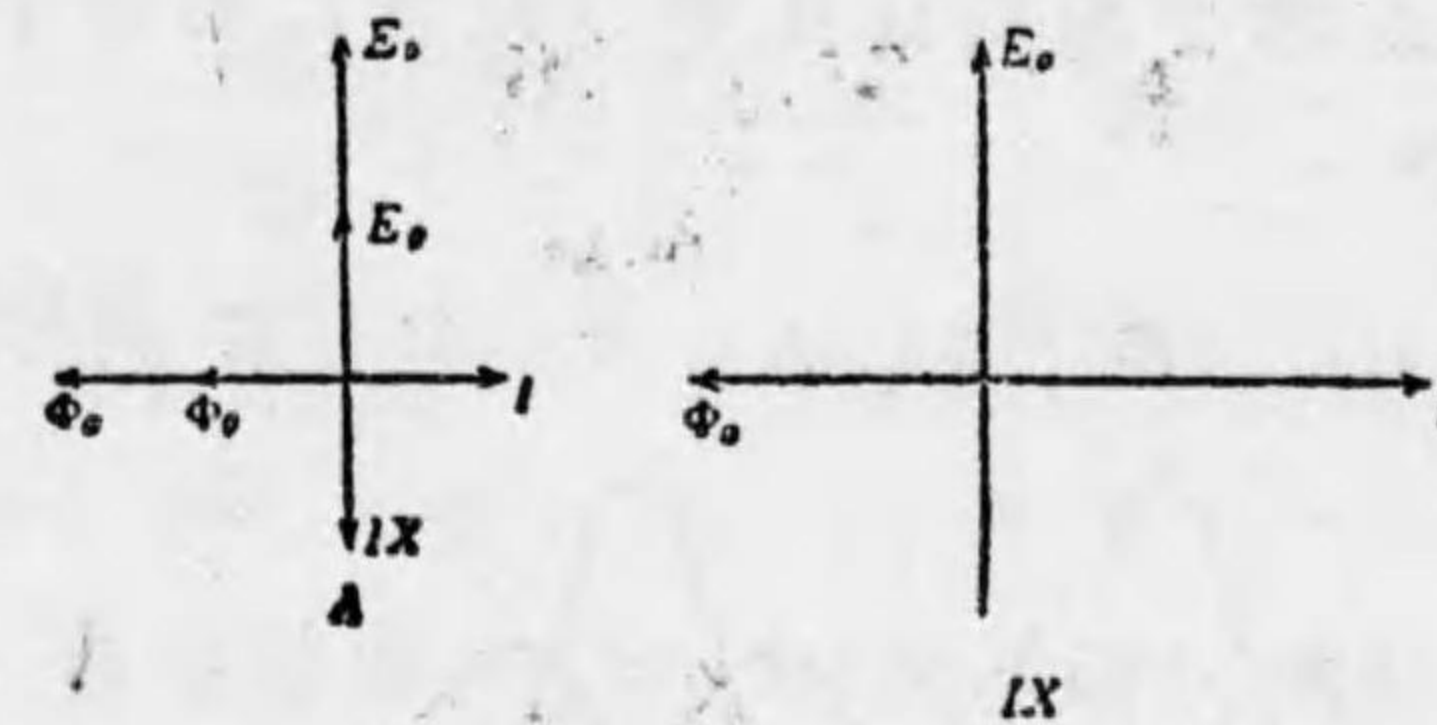
規定速度、無負荷で運轉し規定電壓に勵磁して居る交流發電機を突然短絡すると發電子電流は増加して磁極を減磁する傾きになる。然るに磁極の磁束は磁極が界磁線輪で包圍されて居るので急激に変化する事が出来ない。即ち界磁線輪は勵磁機で短絡されて居て磁極内の磁束が幾らなりと減少しようとするも磁束を保持する様な方向へ電流を界磁線輪内に通らしめるからである。従つて發電子反作用の動作は瞬時的ではなく、短絡後最初の瞬時には發電子内の電流は唯發電子「リアクタンス」丈けで以つて制限されるものである。突然の短絡に於ける交流發電機の運轉は第百九十三圖のB線圖に示してある。

電流の最大値は短絡した瞬時に於ける電壓の値に依るものである。第百九十四圖で曲線1はある瞬間時に於ける發生起電力の値を示し、曲線2は短絡後最初の二三「サイクル」間の任意の瞬時に於ける「リアクタンス」電壓の値を示して居る。端子電壓は零で、發電子反作用は界磁捲線で弱められるし、「リアクタンス」電壓

は發生起電力と相等しくて方向反對である。

「リアクタンス」電壓は短絡電流の變化に依つて

第百九十三圖



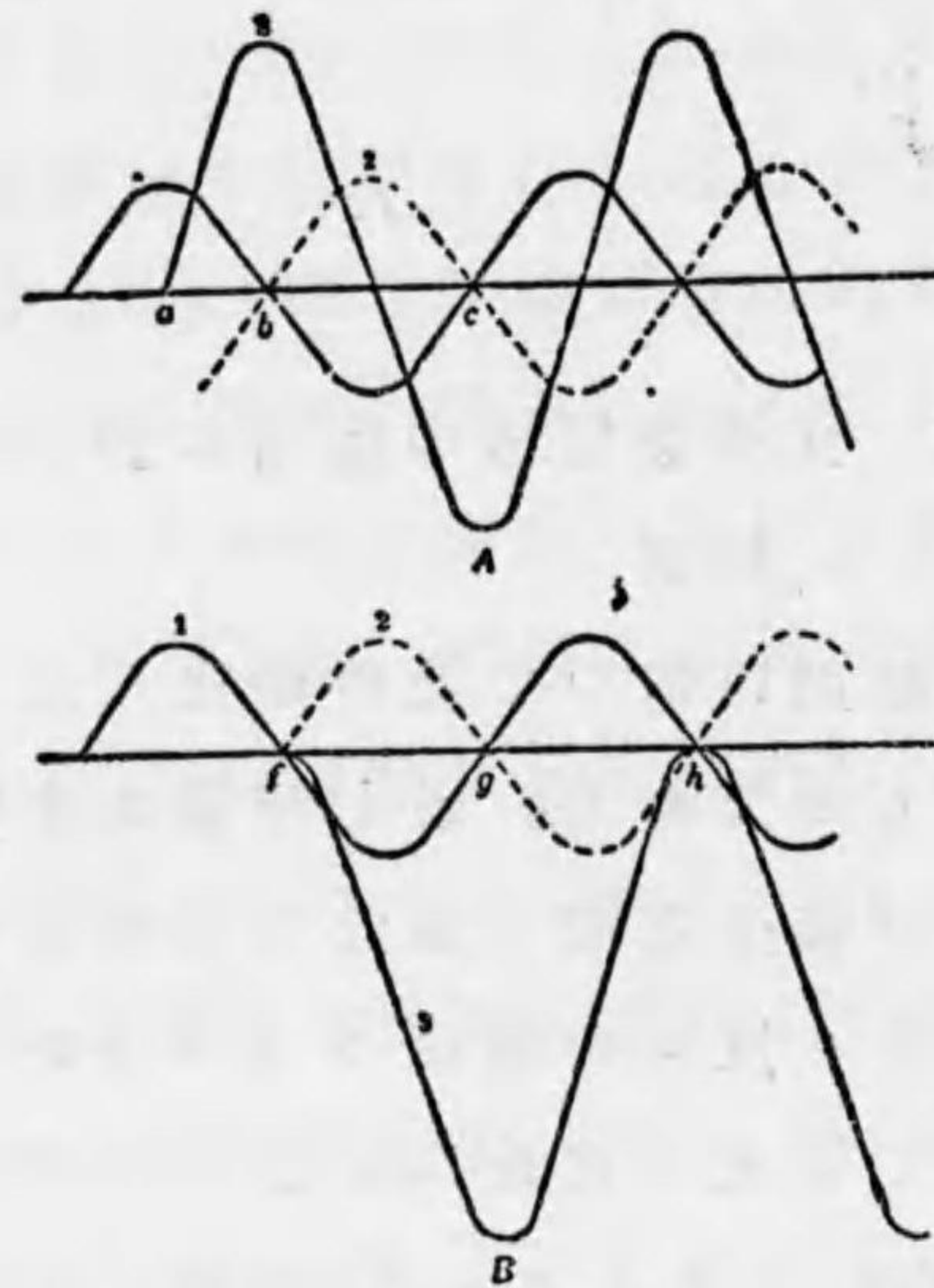
第百九十三圖 交流發電機の短絡に對する「ヴェクトル」線圖

生じ、「レンツ」の法則に依つて此の變化に反對する様な方向に働らくものである。若し第百九十四圖のA線圖に於て短絡が發生電壓の最大なる瞬時aに於て起るものとするときa及bの間は「リアクタンス」電壓が負であつて従つて電流の成長に反對しなければならぬが、b及cの間は「リアクタンス」電壓が正で電流の消滅に反對しなければならぬ事となる。短絡の瞬時に於ては電流が零で曲線3は此等の状態に相當する電流曲線である。

若し第百九十四圖のB線圖の通り短絡が發生電壓の零なるf同時に起るものとするときf及gの間「リア

クタンクス」電壓は正で、従つて電流の消滅に反對すべきであるが g 及 h 間は「リアクタンクス」電壓が負で電流の成長に反對しなければならぬ事となる。短絡の瞬時には電流が零で曲線は此等の状態に相當する電流曲線である。

第百九十四圖



短絡の起る起電力波形の點が電流の値に及ぼす影響

廻轉子の漏洩「リアクタンクス」を閉却すると第百九十四圖の A 線圖で示した場合の電流は

$\frac{\text{每相の發生電壓}}{\text{每相の「リアクタンクス」}}$ なる値に等しい實効値を持つて居るが、B 線圖に示した場合には最大電流は其の二倍の大きさになる。

210. 瞬時短絡に於て生ずる電流の見込値(Probable Value of the Current on an Instantaneous Short-circuit.)

前節に於ては最も都合のよい状態の下に於ける實

効電流 = $\frac{\text{每相の發生電壓}}{\text{每相の「リアクタンクス」}}$ 従つて

$$\frac{\text{瞬時短絡に於ける電流}}{\text{全負荷電流}} = \frac{\text{發生電壓}}{\text{「リアクタンクス」電壓}}$$

といふ事を示して置いた。

每相の發生電壓 = $2.22 \times k \times Z\phi_a f 10^{-8}$ (25式)

= $2.12(bcp) \times (B_p \phi_a L_c) f 10^{-8}$ (但し $k=0.96$ とす)

每相の「リアクタンクス」電壓

= $2\pi f b^2 c^2 p [\phi_e L_e + (\phi_s + \phi_t) L_c] 10^{-8} \times I$ (28式)

鎖状捲線に對して

= $2\pi f b^2 c^2 p \left[\frac{\phi_e L_e}{.2} + (\phi_s + \phi_t) L_c \right] 10^{-8} \times I$ (29式)

二層捲線に對して

但し $\frac{\phi_e L_e}{n}$ は第百九十五圖に示した通り磁極「ピッチ」と共に變化する。

$$\frac{\phi_e}{n} = \frac{3.2}{cn} \left[\frac{d_1}{3s} + \frac{x^2}{s} + \frac{2d_3}{s+w} + \frac{d_4}{w} \right]$$

而して每極の全溝幅 $c \times n \times s$ は磁極「ピッチ」に比例するものであるから $\frac{\phi_e}{n}$ は略ぼ磁極「ピッチ」に反比例する事になる。

定極廻轉子の機械に對しては ϕ_{10} の値を閉却すると

$$\phi_e = 0.42 \phi_{10} = 1.34 \frac{Cl}{2i}$$

又渦輪發電機に一般に使用して居る様な式の圓筒形廻轉子の機械に對しては

$$\phi_i = 3.2 \frac{Ct}{2\delta}$$

機械の調整を頃合の値にするには空隙 δ を每極の發電子「アムペア・ターン」の値で決定して之が磁極「ピッチ」に略ぼ比例するものであるから ϕ_i は磁極「ピッチ」に凡そ反比例する事になる。

鎖捲線 (Chain winding) に對しては

$$\text{比} \frac{\text{リアクタンス電壓}}{\text{發生電壓}} = \frac{3\gamma}{B_p \phi} \left[\frac{\phi_s L_s}{n L_c} + \frac{\phi_s + \phi_r}{n} \right]$$

二層捲線 (Double layer winding) に對しては

$$= \frac{3\gamma}{B_p \phi} \left[\frac{\phi_s L_s}{2n L_c} + \frac{\phi_s + \phi_r}{n} \right]$$

但し一定の相數に對しては $\frac{\phi_s + \phi_r}{n} = \frac{\text{定數}}{\text{磁極「ピッチ」}}$ (3)

ϕ_s 及 ϕ_r の値は每相每極の溝數が 2 より少なからず尙又溝「ピッチ」が 2.75 吋より大ならざる通常の機械で且つ開溝、葉鐵廻轉子の機械に對して第百九十五圖に示してある。

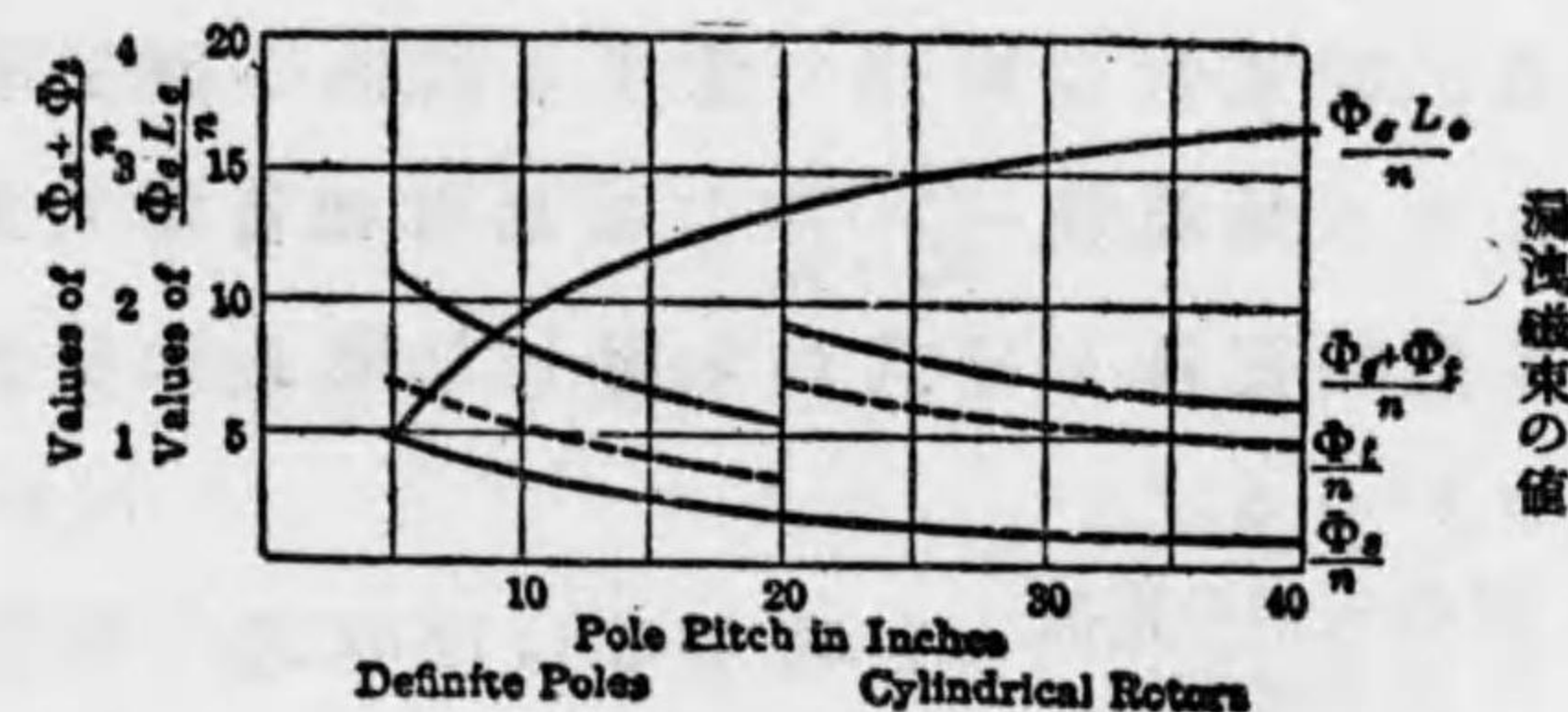
例 次の機械の全負荷に於ける「リアクタンス」落下百分率の大體を決定する事。

規定出力 k.v.a. にて	6250
規定端子電壓 volt にて	2400
相數	3

每相の電流	1500
毎分廻轉數	1800
周波數	60「サイクル」
發電子内徑	45"
磁極「ピッチ」	35.5"
「フレーム」の長さ	51"
平均空隙密	30,000 本毎平方吋
包圍率	1.0%
毎吋「アムペア」導線	635

捲線	二層 Y 接続
「リアクタンス」電壓 發生電壓	$= \frac{3 \times 635}{30,000} \left(\frac{17}{2 \times 51} + 1.3 \right) = \frac{1}{10.7}$

第百九十五圖



固形磁極面を使つた場合圓筒形廻轉子をもつた一般の渦輪交流機に於ては ϕ_i の値が第百九十五圖から出したものよりも低い。それは此の磁束が之に依つて生ずる渦流の爲めに磁極面へ這入らないからである。之は短絡電流を 39 式より出した値よりも大きくする傾きがある。

此の點以下では廻轉子捲線の漏洩「リアクタンス」の

影響は閑却されて居た。第百五十九圖に示した通り毎極の全磁束 $=\phi_m = \phi_a + \phi_r$ で、此の値は瞬時短絡後最初の數「サイクル」間は一一定である。 ϕ_m が一定なる爲めには廻轉子捲線に發電子反作用の減磁作用に反對する様な方向に電流が通らなければならぬ。此の電流は大きい従つて磁極間の起磁力や漏洩磁束 ϕ_r は無負荷に於けるよりも突然な短絡を生じた場合の方が遙かに大きいものである。

若し $\phi_r =$ 無負荷に於ける磁極漏洩磁束

$\phi_a =$ 短絡の際の磁極漏洩磁束

とすると、磁束 ϕ_r に依つて生ずる機械の發生電壓は短絡前よりも短絡後 $\frac{\phi_m - \phi_a}{\phi_m - \phi_r}$ なる比に相當するだけ小さくつて短絡電流を39式から出した値よりも小さくする傾きがある。

比 $\frac{\text{瞬時短絡の電流}}{\text{全負荷電流}}$ を減ずるには39式に示した通り次の事が必要である。

毎時の「アムペア」導線數 q の値を増加する事、之は同時に機械の價格を安くするが其の調整を悪くする原因となるものである。

二層捲線よりも寧ろ鎖狀捲線を使用する事、端接續「リアクタンス」を増加する事になる。

溝「リアクタンス」を増す爲めには深い狭い閉溝を使用

する事。

磁極「ピッチ」は出来るだけ小さくして、 $\frac{\phi_r L_r}{n L_a}$ なる項が $\frac{\phi_r + \phi_a}{n}$ なる値よりも顯著になる様な點に迄達せしめる。

成るべく葉鐵廻轉子を使用する事。

定極式のものよりも圓筒形廻轉子を使用すると第百九十五圖から解る通り ϕ_r の値が大きくなる。

上記の變化は總て機械の「リアクタンス」を増加せしめるもので従つて調整を悪くする傾きがある。

瞬時短絡電流の値は磁極漏洩係數を大きくして減せられるし、極片が規定電壓で飽和して居ないと調整に著しく影響する様な事は無い。

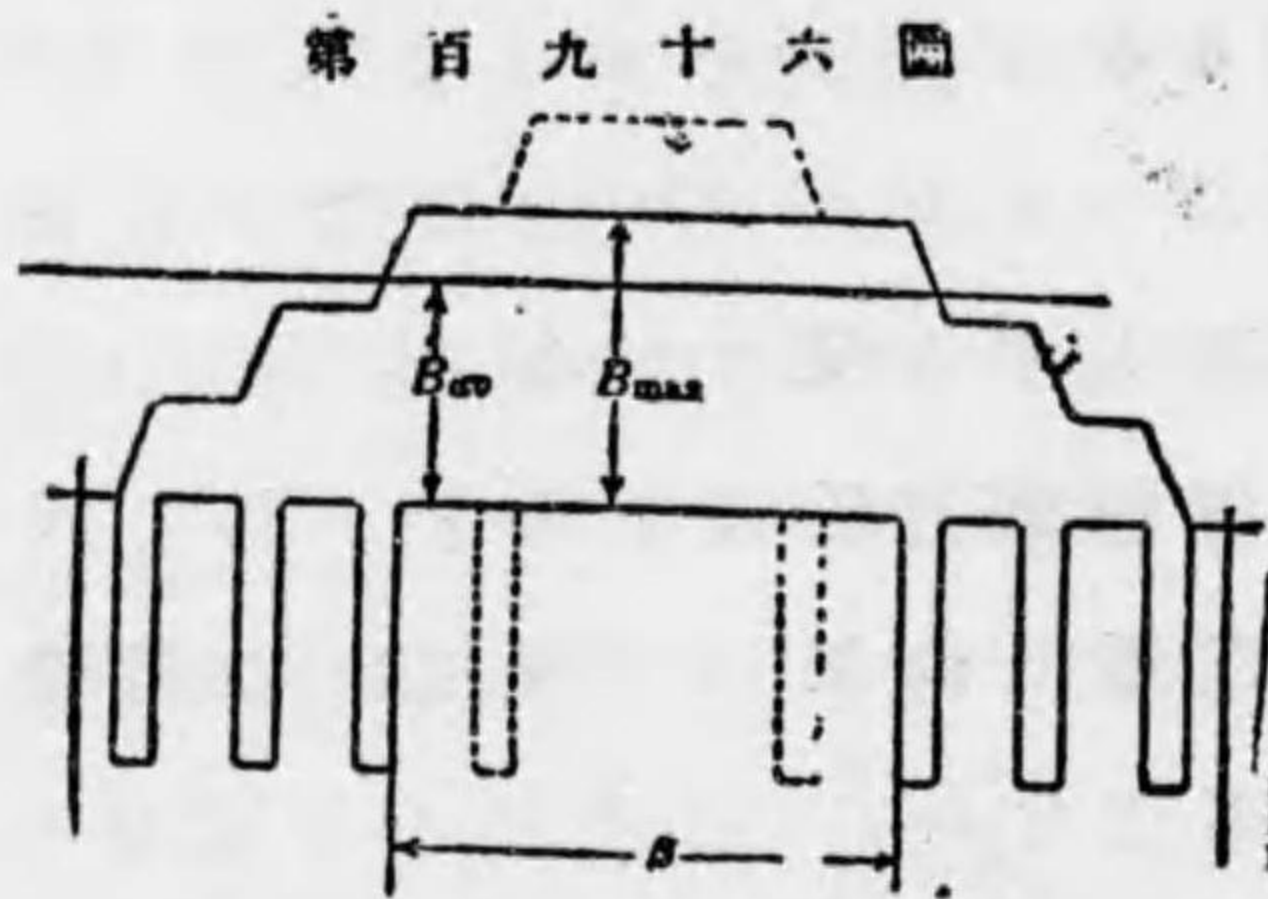
211. 固定子端接續の支持片 (Supports for Stator End Connections.)

瞬時短絡に依る大きな電流は靜かな短絡に於て有する値に減ずる迄には幾秒時間かを要し、此の間同相にある隣り合つた導線間の引力が非常に大きいつて各相の端接續を一緒に束ねようとする傾きがある。隣り合つた相の端接續群間の力も非常に大きいつて、此等の相に於ける電流が反對方向にある場合には此の力が端接續の相群を離さうとする傾きを持つて居る。此の作用に基づく線輪の運轉を防がうとするに

は第九十一圖に示した様な方法で之を括る事が必要である。

212. 空隙密度 (The Gap Density.)

第九十一圖に示した型の廻轉子に対しては空隙内の磁束分布は第九十六圖に太曲線で示してある所で第九十六圖に點線で示した通り每極もう二つの溝を附け加へると



第九十六圖 渦輪交流機の空隙に於ける磁束分布

の溝を附け加へると磁束が點曲線で囲んだ量だけ増加して、廻轉子銅及廻轉子損失の非常な増加に對して每極の磁束はほんの僅か許り増加する

に過ぎない。従つて角βは電氣的に30°以下に作る事は稀で、此の値に對する最大空隙密度÷平均空隙密度×1.5位である。

最大空隙密度は許し得べき最大齒密度の値に依るもので、

$$B_{g, max} = B_{t, max} \times \frac{L_n}{L_c} \times \frac{t}{\lambda}$$

但し鐵心内の鐵片は約2吋厚、通風溝の幅は0.625吋、堆積率 (Stacking factor) は0.9である。従つて

$$= 1.73 b I_m \times 3 \lambda + 0.866 b I_m \times 2 \lambda$$

$$\frac{L_n}{L_c} = 0.68$$

$\frac{\lambda}{t}$ の平均値は、渦輪に對しては溝「ピッチ」が一般に大きいものであるから1.5である。そして

$$B_{t, max} = 100,000 \text{ 本每平方吋, } 60 \text{ 「サイクル」に對して}$$

$$= 120,000 \text{ 本每平方吋, } 25 \text{ 「サイクル」に對して}$$

従つて

$$B_{g, max} = 45,000 \text{ 本每平方吋, } 60 \text{ 「サイクル」に對して}$$

$$= 54,000 \text{ 本每平方吋, } 25 \text{ 「サイクル」に對して}$$

213. 零力率に於て每極の減磁「アムペアターン」 (The Demagnetizing Ampere-turns per Pole at Zero Power Factor.)

二つの違つた瞬時に於ける發電子反作用の起磁力分布は第六十圖に示してある。此れは每極の溝數6、每溝の導線數bの機械に對するものである。定極機械の場合には此の線圖の影線部が磁極を減磁するのに有効であるが、圓筒形廻轉子の機械にあつては全發電子起磁力が有効で此の場合

$$AT_{av} \times 6 \lambda = A \text{ 線圖の面積}$$

$$= 2b I_m \lambda + 1.5 b I_m \times 2 \lambda + b I_m \times 2 \lambda$$

$$= 7b I_m \lambda$$

$$= B \text{ 線圖の面積}$$

$$= 6.92 b I_m \lambda$$

$$= 6.96 b I_m \lambda \quad A \text{ 及 } B \text{ 線圖の平均値}$$

$$\text{従つて } AT_{av} = 1.16 b I_m$$

$$= 1.64 b I_c \quad \text{値し } I_c \text{ は每導線の實効電流}$$

$$= 1.64 b I_c \left(\frac{\text{每極の溝數}}{6} \right)$$

$$= 0.275 \times \text{每極の導線數} \times I_c$$

界磁捲線の最大起磁力は磁極の中心に於けるもので每極の「アンペアターン」數に等しい。

第百九十六圖の β が電氣的に 30 度なる時の平均起

$$\text{磁力} \div \frac{\text{最大起磁力}}{1.5}$$

$$= \frac{\text{每極の「アンペアターン」}}{1.5}$$

従つて發電子の減磁作用に打ち勝つ爲めに界磁に要する每極の「アンペアターン」

$$= 1.5 \times 0.275 \times \text{每極の導線數} \times I_c$$

$$= 0.41 \times \text{每極の導線數} \times I_c \quad (40)$$

214. 界磁及發電子に於ける每極の「アンペアターンの關係 (Relation between the Ampere-turns per pole on Field and Armature)

定極機械に對しては無負荷規定電壓に於ける空隙の「アンペアターンの値

$$= AT_c$$

= 最初の近似に對しては每極の發電子「アンペアターン」の 1.5 倍 (第百八十三節参照)

27 及 40 兩式を比較すると圓筒形廻轉子を有する機械に對しては發電子の減磁作用に打ち勝つのに定極機械に對してよりも餘計の界磁「アンペアターン」が入用だといふ事が解る。尙又第二百十五節の例から渦輪交流機の空隙は非常に長く、従つて磁極に磁束を送るに要する「アンペアターン」數は空隙に要するものに比べると非常に小さくつて飽和曲線は曲がらず、第七十五節に出した飽和磁極の利益は容易に得られない。此等の二つの理由に基づいて渦輪交流機から可なり良い調整を得るには最初の近似に對しては

$$AT_c = 1.75 \quad (\text{全負荷に於ける每極の發電子「アンペアターン」數})$$

即ち定極機械に對するものよりも約 25「パーセント」許り大きい値にする必要がある。

215. 渦輪機設計法 Procedure in Turbo Design.

渦輪交流機の豫備設計を行ふ方法は次の例を見るが一番よく解る。

100「キロワット」、2400「ヴォルト」、三相、1500「rpm」、60「サイクル」、毎分 1800 廻轉の機械を 80「パー

「セント」の力率で運転せしめる様に作る事。

最大周速速度 毎分 20,000 呎 假定

廻轉子直径 $D_r = 42.5''$

廻轉子磁極「ピッチ」 $\tau = 33.5''$

毎時の「アムヘア」導線 $q = 600$ (第 195 節参照)

毎極の發電子「アムヘアターソン」 $= \frac{q\tau}{2} = 10,000$

$AT_g = 1.75 \times 10,000$ (最初の近似)

$= 17,500$

磁極見込の値 $= \frac{3.2 \times AT_g}{B_{g \max}}$

$= 1.25''$

$C = 1.0$ 斯んな大きい空隙に対しては

固定子の内徑 $D_a = 45''$

全導線數(見込) $Z_c = \frac{q \times \pi D_a}{L_c} = 57$

磁極「ピッチ」 $\tau = 35.5''$

毎極の流數 $= 15$

全流數 $= 60$

毎流の導線數 $= 1$

全導線數(實際) $Z_c = 60$

毎極の磁束 $\phi_p = 54.5 \times 10^6$

流「ピッチ」 $\lambda = 2.36''$

流幅 $s = 0.8''$

齒幅 $t = 1.56''$

毎極に要する齒面積 $= \frac{\phi_p}{B_{av}} = \frac{\phi_p}{\frac{B_{t \max}}{1.5}} = 820$ 平方吋

鐵心内の鐵の實長 $L_n = 35''$

鐵心内の鐵の全長 $L_c = 39''$

中央通風溝 $= 19 - 0.625''$

「フレム」の長さ $L_c = 51''$

平均空隙密度 $B_{av} = \frac{\phi_p}{\tau L_c} = 30,000$ 本毎平方吋

今度は此の機械を尺度に合はして大體圖に引き軸承間の距離を決定する。此の距離 $= 140''$

廻轉子設計 (Rotor Design.)

廻轉子見込重量 $= \left(\frac{\pi}{4} \times 42.5^2 \times 51 \times 0.23 \right) 1.5 = 30,000$ 封度

1.5 さいふ係數は端接觸や線輪保持物なんかを見込んで使つたものである。

「シャフト」直径 $= 16''$

「シャフト」内の「ストレス」 $= 2600$ 封度毎平方吋

「シャフト」振れ $= 0.018''$

不平均磁氣牽引力を閉却して。

極限速度 $= 100 \times 16^3 \sqrt{\frac{28 \times 10^6}{30000 \times 70^3}}$ (36 式)

$= 1340$ 廻轉毎分

又 $= 2.4 \times 1340 = 3240$ 廻轉毎分

流下の深さ $= d_r = \frac{(21.25^3 - 8^3) 1800^2}{3.8 \times 14000 \times 10^6}$ (35 式)

$= 5.5''$

廻轉子流の深さ $= \frac{(42.5 - 16 - 11)}{2}$

$= 7.75''$

流の見込の深さ $= 1.25$ 流幅を決定して後に當つて見なければならぬ。

許し得べき流の深さ $= 6.5''$

毎極の發電子「アムヘアターソン」 $= 11,250$

毎極の最大磁界「アマヘア、ターン」 $=3.25 \times 11,250$ 假定
 $=37,000$

見込の平均捲長 $=156''$ 尺度圖から

廻轉子導線の断面 $= \frac{37000 \times 156}{30}$ (7式)

120「ヴォルト」の勵磁に對して $=193,000$

此の値は界磁の働らく高温度の爲めに10「パーセント」増加しなければならぬ。
 $=210,000$ 「サーキュラーミル」

毎「アマヘア」の「サーキュラーミル」

$$= \frac{2 \times 37,000}{85} \left(\frac{10}{33.5} + \frac{33}{6 \times 13} \right) \quad (33式)$$

$=640$ 毎極の溝數6の場合若し廻轉子を毎極8つ宛の溝で作つたものとするともつと小さい導線が使へて、何らが安いかを決定するには兩方の廻轉子を一緒に行つて見なければならぬ。

$$\begin{aligned} \text{最大勵磁電流} &= \frac{\text{導線の全「サーキュラーミル」断面}}{\text{毎「アマヘア」の「サーキュラーミル」}} \\ &= \frac{210,000}{640} \end{aligned}$$

$$=328 \text{ 「アマヘア」}$$

$$\text{毎溝の「アマヘア」導線} = \frac{37,000 \times 2}{6}$$

$$=12,300$$

$$\text{毎溝の導線數} = \frac{12,300}{328 \text{ 「アマヘア」}}$$

$$=38$$

捲線は銅片を溝内に平たく入れて作る。銅及絶縁に許し得べき深さ $=6.5''$ 其中0.2は溝の絶縁に使つたもので38本の導線及其の間の絶縁に對して許し得

べき深さ $=6.3''$ である。

導線の厚さ $=0.15$ 絶縁の厚さ $=0.015$

導線の断面 $=210,000$ 「サーキュラーミル」

$=0.165$ 平方吋

導線の幅 $=1.1''$

溝の幅 $=1.3''$ 絶縁及餘裕に對して毎側に
 $0.1''$ 宛をあけて、

根元に於ける齒の幅 $=$ 但し

$$\text{齒の「ストレス」} 14,000 = \frac{(21.25^3 - 13.5^3) 1800^2 \times 360}{21.5 \times 10^6 \times 2\pi \times 13.5} \times \frac{t \times s}{t}$$

(34式)

之から $t = 0.65''$

固定子鐵心設計 (Stator Core Design.)

毎溝の導線數 $=1$

毎溝の「アマヘア」導線 $=1500$

毎溝の「アマヘア」導線 $=630$

毎「アマヘア」の「サーキュラーミル」 $=800$

最初の近似に對する假定

毎導線の「サーキュラーミル」 $=800 \times 1500$

$=1,200,000$

導線の断面 $=0.95$ 平方吋

$=0.55'' \times 1.75''$

$=0.11'' \times 0.45''$ 宛のもの

20. 溝内に幅5深さ4宛

溝の深さは次の様にして見出す。

0.45 各片の深さ

0.024 各片の絶縁

1.9 導線及導線絶縁の深さ

0.16 溝絶縁の深さ

0.25 溝の深さ

2.3 溝の深さ

銅及鐵の温度差

$$= \frac{\text{毎溝の「アムペア」導線}}{\text{毎「アムペア」の「サーキュラーマイル」}} \times \frac{\text{絶縁の厚さ}}{2d+s} \times \frac{1}{0.003} \quad (18 \text{ 式})$$

$$= \frac{1500}{800} \times \frac{1}{5.4} \times \frac{1}{0.003} \times 333$$

$$15^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C}$$

此の数字は多分非観的のものである。それは銅に沿うて徑狀に傳導して端接續部で消失する熱を閉却し、且又通風溝の影響をも度外視して居るからである。然し之は選んだ銅の断面が餘り大きくないといふ事を示して居る。何となれば本章で作つた假定に依ると、

空氣の温度上昇 = 毎「キロワット」損失、毎分 100 立方呎

に對して攝氏 19 度

固定子鐵心及通風溝内の空氣間の温度差 = 攝氏 10 度

毎平方吋 65,000 本の鐵心磁束密度で

銅及鐵の温度差 = 攝氏 15 度

もつと温度を低くしようと思へば空氣の供給量を大きくし、鐵心密束や銅密度を低くして作る事が必要である。

$$\text{溝の背部に於ける鐵の深さ} = \frac{\text{毎極の磁束}}{2 \times 65,000 \times \text{寬鐵}}$$

$$= \frac{54,000,000}{2 \times 65,000 \times 35}$$

$$= 12''$$

所要の空氣の量 (Volume of Air required.)

渦輪の損失を正確に豫定する事は六づかしい。界磁及發電子の I^2R 損失は正確に決定する事が出来るが鐵損失とか、溝内の空氣の摩擦に由る旋風損失とか渦輪發電機に於て大きい負荷損失なんかは以前に作つて試験した機械の資料 (data) を澤山持つて居なければ確實に決定する事は出来ない。豫備の設計を行ふに際しては第 208 圖を使ふと可い。之に依ると、5000「キロワット」渦輪機の毎分 1800 廻轉に於ける能率が渦輪に含まれる軸承損失を閉却すると約 95「パーセント」だといふ事が解る。従つて機械内の損失 = 250「キロワット」所要空氣量 = 毎分 25,000 立方呎、通風溝断面の面積

$$= \text{溝數} \times \text{溝幅} \times \text{鐵心の深さ}$$

$$= 19 \times 0.5 \times 12 \text{ 平方吋}$$

$$= 0.8 \text{ 平方呎。}$$

通風溝片は 0.625 吋厚のものだが、空氣に對する許し得べき空間は唯の 0.5'' である。

第百九十一圖に示した通り此の機械には空氣道が

10本通つて居る。従つて空気速度

$$= \frac{25000}{10 \times 0.8}$$

$$= 3200 \text{ 呎毎分}$$

此の磁心を冷却する爲めには毎分 3200 呎以上の風速を使用しなければならぬ。之には空気の全量を變へないで機械の通路数を減すると可いが尙慾を言へば空気の量を増すに越した事はない。

216. 低電壓に依る設計上の制限 (Limitations in Design due to Low Voltage.)

機械の毎極の磁束が大きくなると

$$E = \text{常數} \times Z \times \phi_a \times f$$

といふ關係式があるので一定の電壓に對して要する導線数は小さくなつて来る。大きな低電壓機械に對しては其の機械に大した變化を生じないで適當な捲線を見出す事の六づかしい事がよくある。

例へば前章で設計した渦輪機では

2400「ヴォルト」三相に對しては、捲線に 60本の導線 60個の溝があつて毎溝 1本宛の導線を置き Y形に接続してある。

600「ヴォルト」三相に對しては同じ抜物を使い、毎溝 1本宛の導線を置いて YYYに接続する。

500「ヴォルト」三相に對しては毎溝 1本宛の導線を YYYに接続して 12.5本の全導線を直列に入れ、48個の溝を具へた新しい抜物を要する事になる。

217. 單相渦輪發電機 (Single-phase Turbo Generators.)

此の型の機械の設計に當つては新しい困難が又湧いて来る。第百七十七節で單相交流機の發電子反作用は脈動的で磁極に倍周波數の脈動磁束を生じ従つて大きな渦流及「ヒステリシス」損失が出來て來るといふ事を述べて置いた。

此等の脈動は渦流に依つて多少抑制はされるが、磁極内の渦流通路は高抵抗である爲めに自然渦流損失が大きい。そこで最小の損失で磁束の脈動を抑制しようとするには廻轉子を栗鼠籠型銅捲線で包む事が必要だと云ふ事が解つた。即ち斯様にすると此の銅捲線内に誘導される渦電流が發電子反作用の脈動作用を除く傾きを生じ、其の栗鼠籠の抵抗は低く作れる爲めに其の損失を小さくする事が出來る譯である。適當な栗鼠籠は第百九十二圖に示した溝楔に銅を使い極面に同じ様な楔を蟻懸けにして此等の端部を全部一緒に銅環で接続して作るのである

次の數字を見るに此の制退器の如何に必要である

* Waters, Trans. of Amer. Inst. of Elect. Eng., Vol. 29, page 1069.

かごいふ事が解る。

1000「キロヴォルト、アムペア」二極、25「サイクル」渦輪交流機を三相で試験した。今其の内の一相を開いて、全導線の $\frac{2}{3}$ で単相捲線を生ずる様に二相を直列にして運轉して見た。(第百二十四圖参照)。毎極の磁束及毎導線の電流を各場合に同一に保つて試験した結果は次の通りである。

全負荷に於ける發熱運轉

	三 相	單 相	單 相
	制過器無し	制過器無し	制過器付き
温度上昇 攝氏度	31	122	37

三相機械では發電子反作用は値に於て一定で、磁極と同速度同方向に廻轉するものであるから従つて制過器は要らない。

發電子反作用の脈動磁界は第七百七十七節で指摘した通り二つの廻轉磁界に相當し、其の内的一方は磁極と同一方向に同一速度で廻轉し、故障の原因となるべき他方は同一速度で反對方向に廻轉する。渦電流通路に誘發される起電力は此の後者の磁界の磁力線が切られる割合に依るもので、其高速渦輪交流機では問題になるが、普通の速度の機械では之が故障を生ずる様な事はない。

第二十六章

交流發電機の特珠の問題

218. 汽機原動交流發電機の節動輪設計 Flywheel Design for Engine-driven Alternators.

二臺の交流發電機が並列に運轉して居る場合には電流は第百九十七圖のA線圖に示した様に流れて其の運轉はB線圖に示した通りである。起電力P及Qは二個の發電子及之を接續する線から出來た閉電路に關して相等しく且反對である。従つて此等の機械には電流が流れない。

所が今一方の機械例へばQが或る瞬間遅くなつたとするとC線圖に示した通り電流が流れて、Q機械がP機械より電氣的に θ 度遅れた場合其の運轉状態はD線圖に示した様になる。すると二つの起電力は最早や互に反對ではなくなつて、此の閉電路に循環電流に送るべき合成起電力 E_r が出来る事になる。此の循環電流は各機械が負荷に供給する電流と合成電流を生ずる様に合同するものであるから別々には存在しない、けれども其の作用は別々に考へる方が便利である。

$$\text{此の循環電流} = \frac{E_r}{X_p + X_q} \quad (E_r \text{ から } 90^\circ \text{ 遅れて})$$

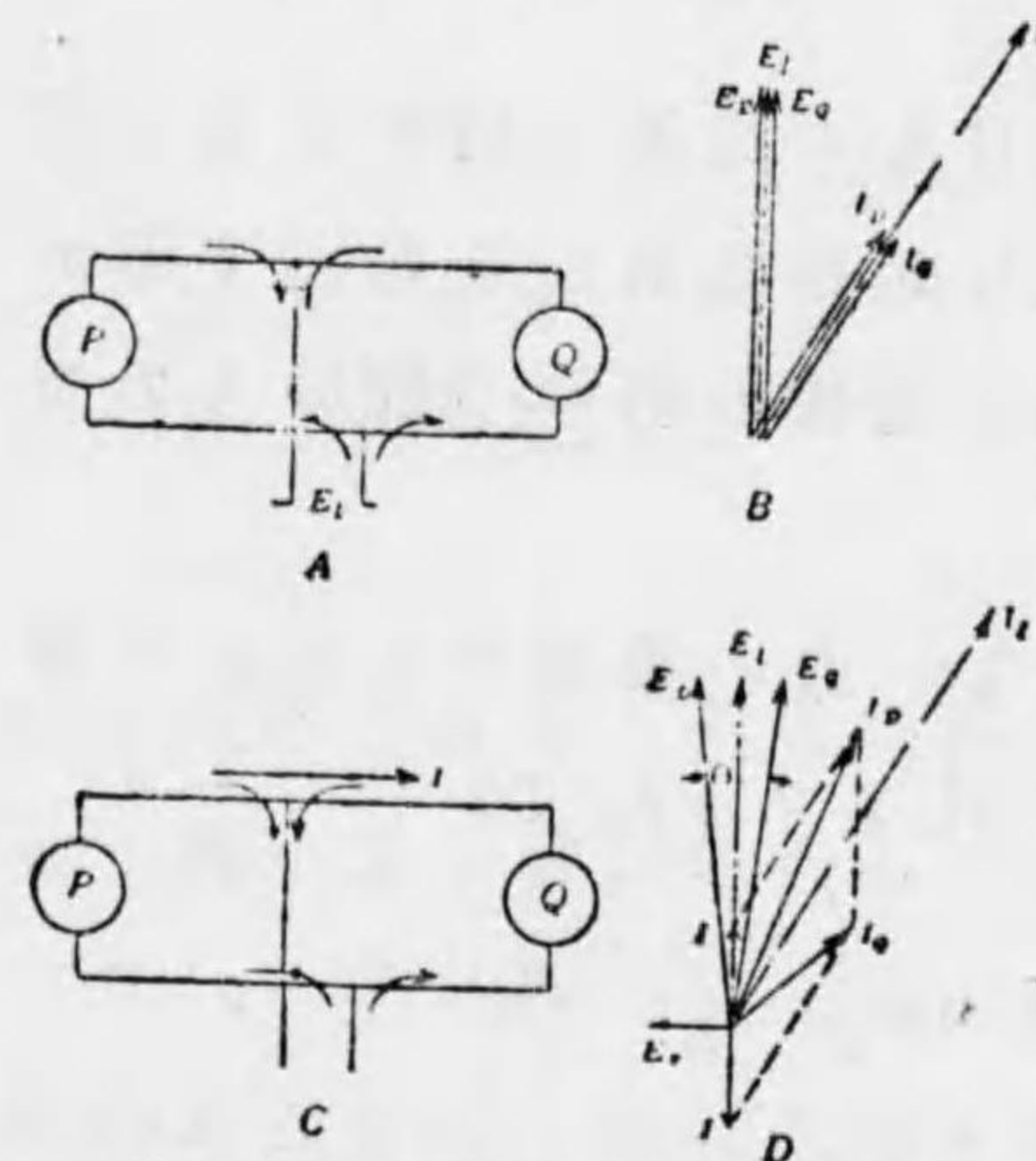
但し $X_p = P$ 機械の同期リアクタンス,

$X_q = Q$ 機械の同期リアクタンス,

發電子の抵抗及び供給線の抵抗と「リアクタンス」は皆上記の「リアクタンス」に比べては小さくつて閑却する事が出来る。此の循環電流は P の起電力と同一方向にあるといふ事は C 線圖から明らかである、従つて其の機械の負荷は増加する事になるから之を遅くする原因となる。引いては Q の起電力に反對して其の機械の負荷を軽くし其の速度を高める事になる。従つて此の兩方の機械は B 線圖に示した位置になる迄一緒になつて落ち附き循環電流は零となる。然し機械の惰性に依つて此の循環電流のない位置を飛び越して振れ、電流が轉換されて再び兩機械を一緒に引き戻さうとする傾きを生ずる様になる。此の振動の周波数は機械の自然振動のものであつて、磁極面界磁線輪及び制遏器内の渦流の制遏作用に依り此の振動は次第になくなつて来る。

若し一方の機械を廻轉力の脈動する様な機關に直結すると其の機械には強制振動が這入つて来る。若し又其の振動の周期が自然振動周期の 20「パーセント」以下だと積働振動(Cumulative oscillation)が起つて、之を非常に強く制遏でもしなければ安定が破れる事になる。

第九十七圖



並列に接続された二臺の交流發電機の線量的表示

従つて交流發電機では其の自然振動周期を研究するといふ事が非常に大切である。

219. 相等しく勵磁した二臺の等しい機械

Two Like Machines Equally Excited.

斯様な二臺の機械に振動が起ると之が

同じ周波數で反對方向に動き、従つて第九十八圖が兩機械の「ベクトル」線圖を示して居るものとし、

$\theta =$ 兩機械の摺れの角度

$\alpha = \frac{\theta}{2} =$ 循環電流のない位置即ち平均の位置から一方の機械が摺れる角度 とすると、

$$E_r = 2E \sin \frac{\theta}{2}$$

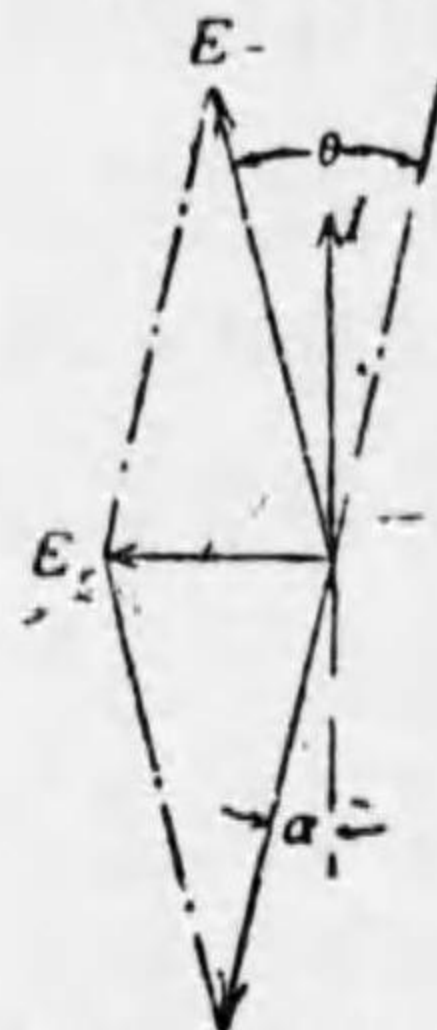
循環電流 $I = \frac{E_r}{2X}$ 但し X は各機械の同期リアクタンス

$$= \frac{2E \sin \frac{\theta}{2}}{2X}$$

$$= I_{sc} \sin \frac{\theta}{2}$$

但し I_{sc} は無負荷勵磁に於ける E 電壓に對する短絡電流で、第二百圖に示した様な短絡曲線から見出す事が出来る。 I_{sc} は一般に全負荷電流の約 2.5 倍位のものである。

第九十八圖 同期電力即ち一方の機械から他方の機械へ送る電力(「ワット」にて)



並列に接続した二機の相等的い機流に對する「ベクトル」線圖

$$= nEI \cos \frac{\theta}{2}$$

$$= nE \left(I_{sc} \sin \frac{\theta}{2} \right) \cos \frac{\theta}{2}$$

$$= nE I_{sc} \frac{\sin \theta}{2}$$

$$= nE I_{sc} \frac{\theta}{2} \text{ 小さい振動に對して。}$$

但し θ は兩機械の移動角を電氣的の「ラディアン」で表はしたものである。

$= nEI_{sc} \alpha$ 但し α は一方の機械が其の平均位置から摺れた角度を電氣的の「ラディアン」で表はしたものの

$= nEI_{sc} \alpha \frac{p}{2}$ 但し α は上記の移動角度を機械的の「ラディアン」で表はしたものの。

上記の移動電力に相當する廻轉力

$$= n \left(EI_{sc} \alpha \frac{p}{2} \right) \times \frac{33000}{746 \times 2\pi \times r.p.m.} \text{ 呎封度}$$

$$= nEI_{sc} \frac{p}{r.m.p.} \times 3.5 \alpha$$

$$= K \alpha$$

即ち廻轉力は移動角度に正比例するものである。従つて極小さい移動に對しては

$$K \alpha = \frac{Wr^2}{g} \frac{d^2 \alpha}{dt^2} \quad \text{之から}$$

振動時間を秒で表はしたものの

$$= 2\pi \sqrt{\frac{Wr^2}{g \times K}}$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{Wr^2 \times r.p.m.}{g \times nEI_{sc} \times p \times 3.5}}$$

$$= \sqrt{\frac{Wr^2 \times r.p.m.}{\text{watts} \times k_1 \times p \times 2.9}} \quad (41)$$

但し $Wr^2 =$ 一方の機械の惰性能率 (Moment of inertia) を封度平方呎で表はしたものの。

$r.p.m. =$ 機械の速度を毎分の廻轉數で表はしたものの。

$\text{watts} =$ 力率 1 の場合の規定出力

$k_1 =$ 無負荷で電壓 E に相當する勵磁に於ける

短絡電流
全負荷電流 の比

$p =$ 磁極數

220. 數多の大きな機械と並列に接続された一臺の小さい機械

One Small Machine in Parallel with Several Large Units.

此の場合小さい機械を機關で運轉すると其の平均位置から前後に揺れるが、之と並列にある大きな機械を反對方向に振動せしめる事は出来ない。従つて第百九十九圖が此の閉電路に於ける兩機械の「ベクトル」線圖を表はすものとし、

$\alpha =$ 小さい機械及び之と並列にある他の機械の間の移動角で、又其の小さい機械が平均位置から摺れた角度 とすれば、

$$E_r = 2E \sin \frac{\alpha}{2}$$

勵磁電流 $I = \frac{E_r}{X}$ 但し X は小さい機械の同期リアクタンス、並列にある總べての外の機械のリアクタンスは此の値に比べると非常に小さいもので之を閉却しても差支はない。

$$I = \frac{2E \sin \frac{\alpha}{2}}{X}$$

$$= 2I_{sc} \sin \frac{\alpha}{2}$$

同期電力「ワット」にて

$$= nEI \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$= nE \times 2I_{sc} \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$= nEI_{sc} \times 2 \times \frac{\sin \alpha}{2}$$

$$= nEI_{sc} \alpha$$

之は前の二臺の相等しい機械に對して求めたのと同じ値であつて、従つて其の振動の時間も二臺の相等しい機械に對するものと同一である。

例* 今毎分83廻轉で運轉して居る「クロス、コムバウンド」機關が 8.5×10^6 封度平方呎の節動輪 (Flywheel) 作用を持つて、50「サイクル」、出力 2100「キロワット、アンペア」の三相交流發電機を廻はして居る場合に、廻轉の周期で揺動して、此の機械の色々な勵磁に對する短絡電流が全負荷電流の 2.3 乃至 3.3 倍に變化したものとす。

斯んな場合には各衝程で此の方式に一つ宛の衝動

第百九十九圖



大きな機械と並列に接続した小さい機械に對する「ベクトル」線圖

* Rosenberg, Journal of the Inst of Elect. Eng., Vol. 42, page 549.

(Impulse) 即ち毎廻轉四つの衝動がある。若し此等の衝動の何れか一つの大いさが不等の蒸気配布に依つて外のものゝ違つて居たとすると矢張り其の廻轉の周期で強制振動が出来る。

問題の機械に對して自然周波數の「サイクル」の時間

$$= \sqrt{\frac{8.5 \times 10^6 \times 83}{2100 \times 1000 \times \left(\frac{1}{12}\right) \times 72 \text{極} \times 2.9}}$$

$$= 0.7 \text{ 乃至 } 0.84 \text{ 秒}$$

不等の蒸気分布に基づく毎分の強制振動數は83である。従つて之に相當する振動周期 $= \frac{60}{83} = 0.72$ 秒で、之は自然周波數の周期と非常に接近したものである。此の低周波數の強制振動を省略する様に蒸気分布を充分均等にして、試験を行ひ得る位に並列運轉を長く保ち得るといふ事が解つた。

節動輪(Flywheel)を設計するには機械の振動自然周波數が最低の強制振動の周波數より低くなる様にすべきである。之には非常に大げさな車輪を使用しなければならぬ様な場合がある。例へば大きな低速度瓦斯機關で運轉して居る交流發電機を並列に運轉する様な場合に於て然りである。瓦斯機關は大抵四「サイクル」式のもので即ち二廻轉に一度宛爆發を生ずる事になる。若し機關が四「サイクル」複動、「クロス、ジグザグ」式のものだと一廻轉に四回の爆發があつて、斯ん

な場合の強制周波

數は

瓦斯の不等の分布に依る二廻轉毎の一衝動は

一爆發を他のものよりも何時も一層強力ならしめる。之は望ましい運轉状態で

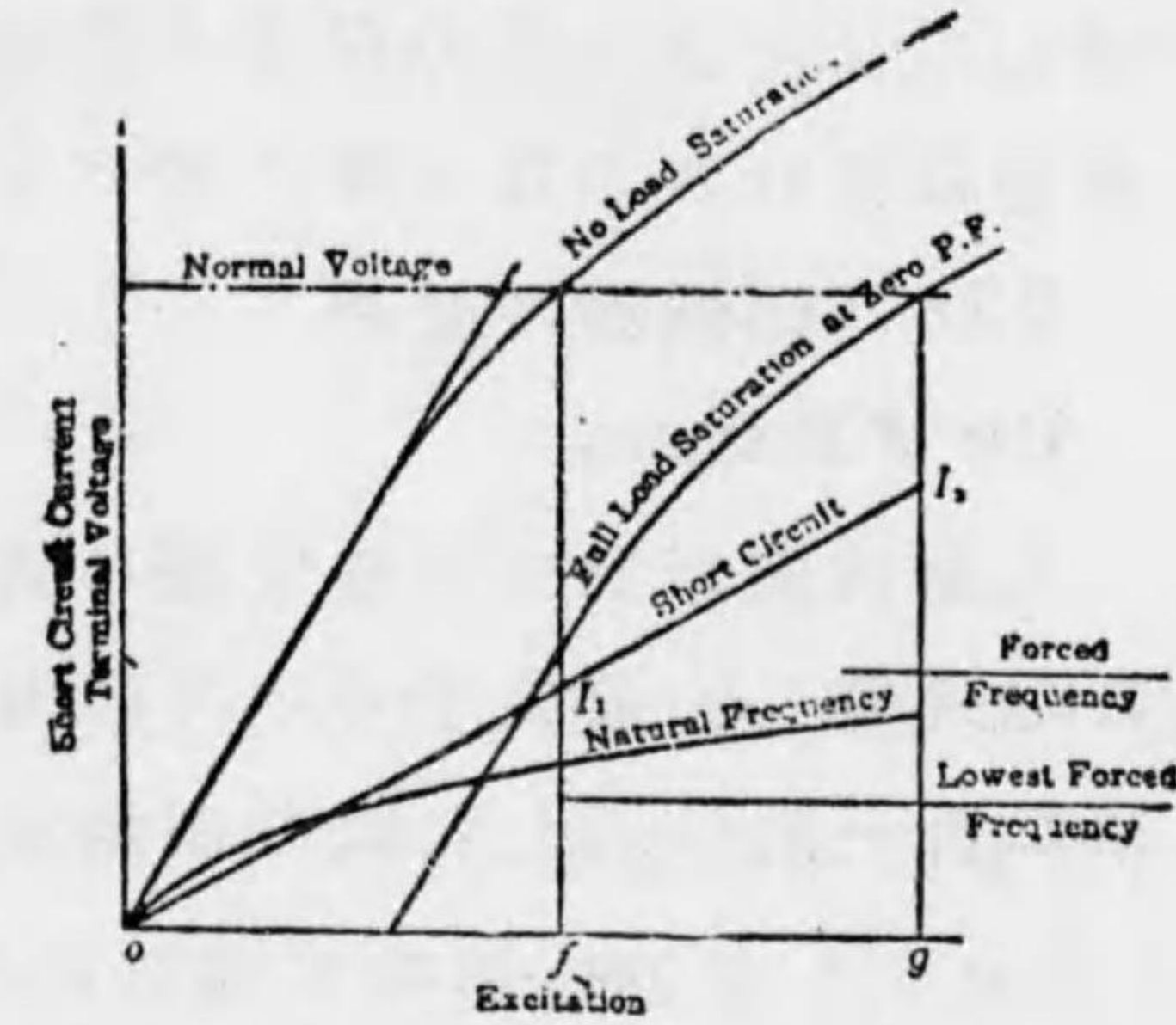
はないが已むを得ないものである。

往復部の完全な釣合ひのない爲めに一廻轉毎に一衝動。

毎廻轉四回の爆發の爲めに四分の一廻轉毎に一衝動。

交流發電機其自然振動周波數を最低の衝動の周波數以下にするには非常に重い高價な節動輪が要る。従つて該車輪は全運轉範圍に亘つて交流發電機其自然周波數が最低衝動の周波數より20「パーセント」以上高く、次の高周波數の衝動周波數より20「パーセント」以上低くなる様な値の惰性能率 (Moment of inertia) によく作られる。例へば第二百圖で運轉中の勵磁は of から og 迄短絡電流の値は I_1 から I_2 迄變化する。自然振動周波

第 二 百 圖



振動の自然周波數の變化と勵磁

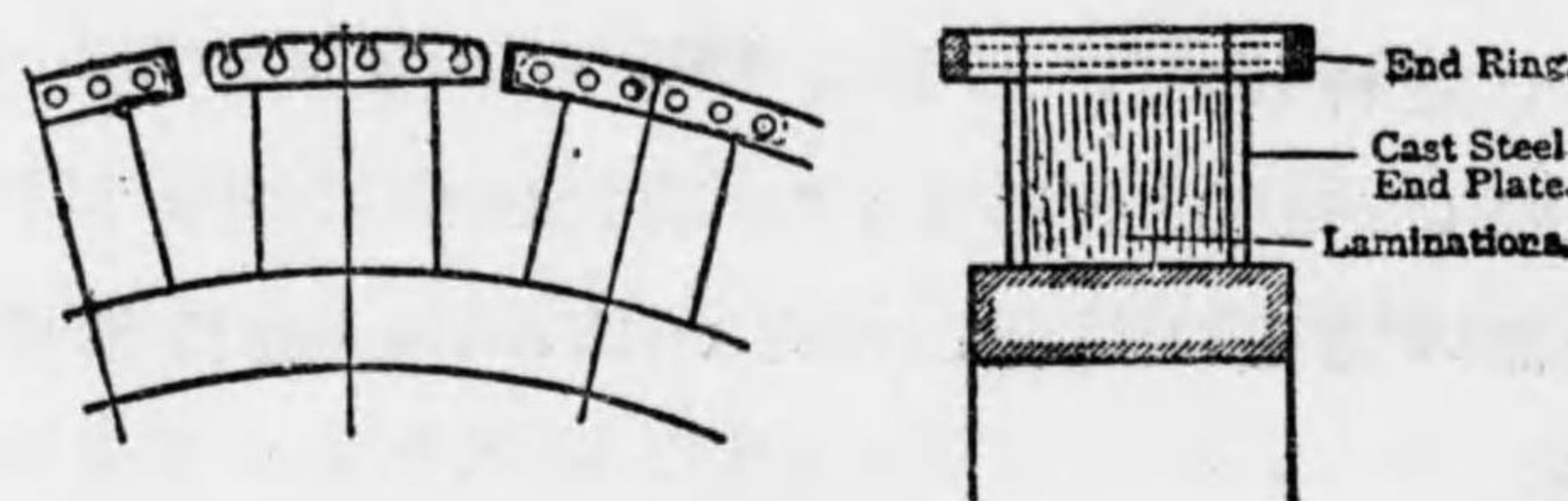
數は短絡電流の平方根に正比例し、選んだ IV^2r の値に對しては ϕ 及 ω 間の任意の勵磁に對する二つの最低衝動の何れかの周波數の 20「パーセント」以上である。

221. 制過器の使用

Use of Dampers.

瓦斯機關原動交流發電機に對しては供給廻轉力が毎廻轉著しく變化するので強力な制過器を裝置する。第二百一圖に示した式の制過器は一般に使用して居

第 二 百 一 圖

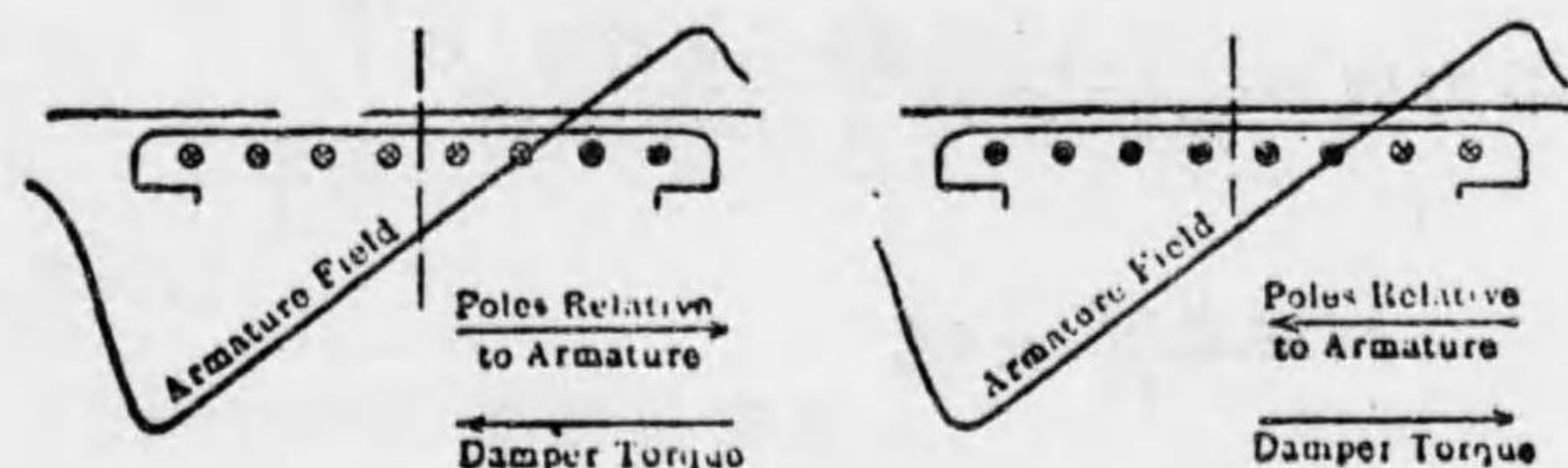


交流發電機の制過器

るもので、機械の周りに取り附けた完全な栗鼠籠から出來て居て次の様に働く。

制過器の導體は磁極面内に裝置して、主要磁界は切らない、従つて制過作用は發電子磁界を切る事に基づくものである。若し發電子磁界が一様な角速度で同期に廻轉するものとすれば、機械の衝動に依つて磁極が一様な角速度の位置の前後に振動して此の磁界を切る事になる。第二百二圖の曲線は發電子磁界の分

第 二 百 二 圖



制過器の作用

布を示し、磁極は其に關して矢の方向に動き、廻轉子誘線内には點及交叉で示した方向に起電力が誘發される。此等の起電力の周波數は機械の振動の周波數であつて、毎秒 2「サイクル」程度のものである。従つて制過器導線の「リアクタンス」は其の溝が第二百一圖に示した様に頂部の開いて居るものとすれば、此等の抵抗に比べては閑却する事が出来る。従つて導桿内の電流は其の起電力と同相にあつて、矢張り同じ交叉及點で示した通りとなる。此等の電流の方向は發電子磁界に依つて生ずる力が發電子及制過器導桿の關係的運動を妨げる様に決まる事は明らかである。

或る瞬時に於ける制過器内の起電力

$$= B_m \times L_c \times V_c \times 10^{-8} \text{「ヴォルト」}$$

但し B_m = 其の瞬時に切られる界磁の部分の空隙密度

L_c = 「フレーム」の長さ

V_c = 發電子磁界に關する制過器導桿の速度を毎

秒の時数で表はしたものを。

$$V_c \text{ の平均値} = \frac{\text{平均の位置からの移動}}{\text{四分の一「サイクル」の時間}}$$

$$= \frac{\beta \times \tau}{180} \times 4f_n$$

但し β = 一様な角速度の位置から摺れる磁極の最大角度を電氣的の度で表はしたものを。

f_n = 振動の周波数

従つて制退器導桿内の實効電圧は大體

$$= 1.1 \times B_{ca} \times L_c \times \frac{\beta \times \tau}{180} \times 4f_n \times 10^{-8} \text{ 「ヴォルト」}$$

$$\text{制退器銅桿の抵抗} = \frac{L_c}{M} \text{ 「オーム」}$$

制退器導桿内の實効電流

$$= B_{ca} \times \frac{\beta \times \tau}{180} \times 4.4f_n \times M \times 10^{-8}$$

毎「アンペア」の「サーキュラーミル」で表はした電流密度

$$= \frac{10^3 \times 180}{B_{ca} \times \tau \times 4.4f_n}$$

制退作用は全制退器電流の値に依り、此の電流は一定の機械に對しては制退器導桿數及び其の断面に依る。若し此の導桿の断面を増加すると大きな電流が流れて制退作用も大きくなり、振れの角度は減つて来

る。従つて此の断面が大きくなる程、 β の値が減する爲めに電流密度も減つて来る事になる。

此の電流密度の大いさの程度を知る事は面白い事で、例へば

$$B_{ca} = 25,000 \text{ 本毎平方吋}$$

$\beta = \pm 5$ 度(電氣的)、全負荷電流の約25パーセントの循環電流を生ずる事になる。

$\tau = 10'$ 、之は60「サイクル」の時毎分6000呎の周邊速度となる。

$$f_n = \text{毎秒} 2 \text{ 「サイクル」}$$

と假定すると、

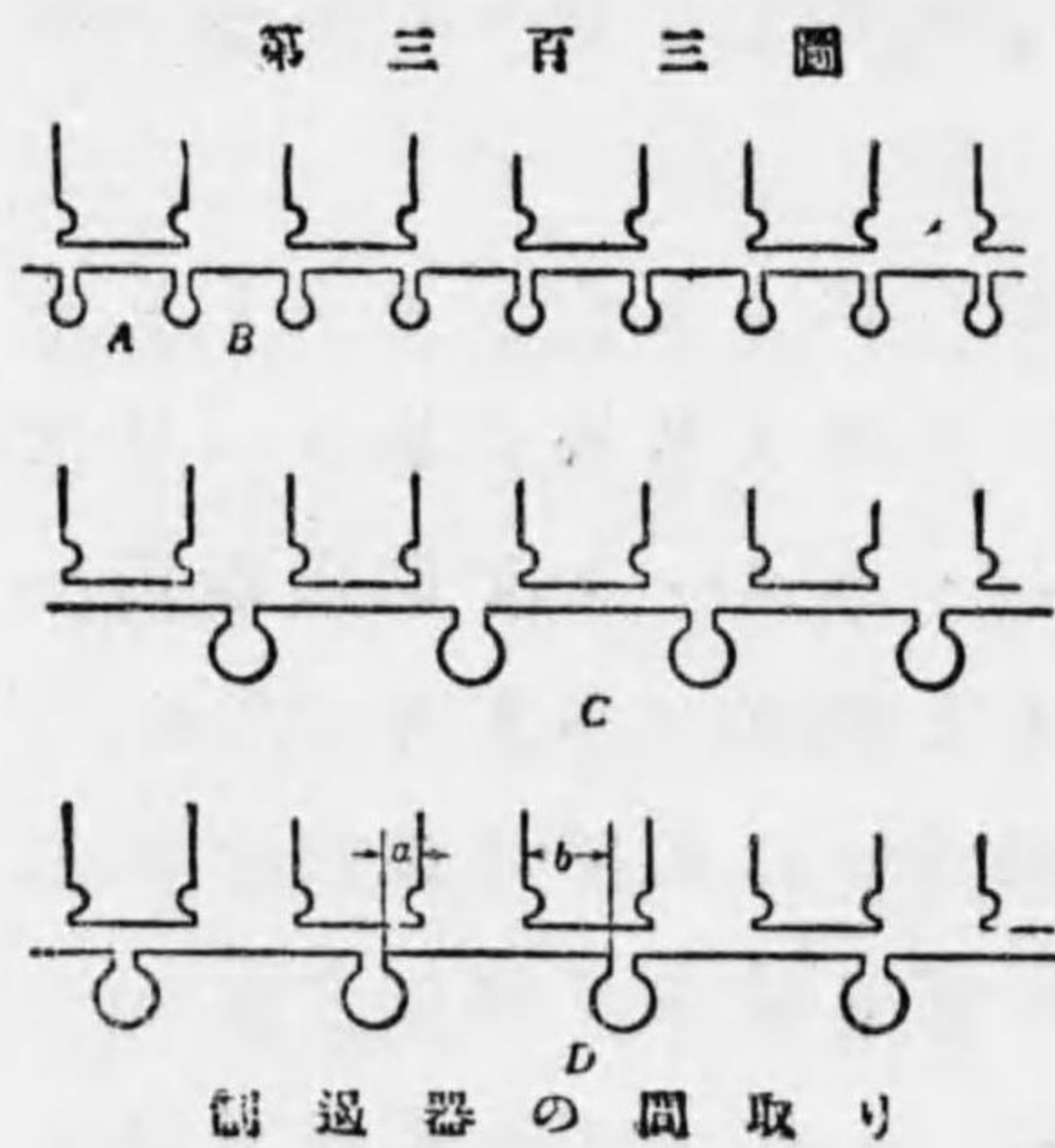
$$\begin{aligned} \text{電流密度} &= \frac{10^3 \times 180}{25000 \times 5 \times 10 \times 4.4 \times 2} \\ &= 1640 \text{ 「サーキュラーミル」毎「アンペア」} \end{aligned}$$

此の値は端部接続の抵抗を閑却して居るので悲觀的のものである。

制退作用は全制退器断面に依るものであるといふ事は上に述べた。所で瓦斯機關交流機の場合には固定子に入れた銅断面の約25パーセントを制退器内へ入れるのが普通であつて、若し制退が不充分だとか、制退器が余り暑くなる様な場合には故障の原因を調速器や節動輪又は其の負荷状態に依つて調査すべきである。脈動負荷といふ事は「ハンチング」に関する限り

機關内の脈動廻轉力に應ずるものである。

制退器發熱の原因に對しては餘程注意深く防禦しなければならぬ。若し制退器を第二百三圖に示した様に間隔を取ると、Aの位置に於ては二つの隣合つた制退器間の磁束は大きいが、Bの位置では此の磁束が小さくなつて、固定子齒の通過する度に二制退器導桿の間の磁束は1「サイクル」だけ行く事になり、誘導起電力が閉電路内に送る電流の周波數は固定子溝數×毎秒の廻轉數に等しいといふ事になる。此の電流は制退電流ではなくつて、非常な發熱の原因となるものである。従つて之を生ずる磁束脈動を防がうとするには制退器導桿の間隔をCに示した通り固定子溝「ピッチ」の倍數としなければならぬ。



蒸汽機關原動の交流發電機に對しては栗鼠籠型の強い制退作用を要する事は稀であつて第百四十圖に示した通り、眞鍮の頸圈で磁極を取り巻いて安價な形に作つて居る。即ち此等の頸圈の縁は其の作用

が左程強くないといふ丈けで磁極面に通した丁度相等しい導桿の働らきをする譯である。之は磁極の尖端で生ずるので磁束の切斷が比較的小さいからである。

222. 力率補正に對する同期電動機

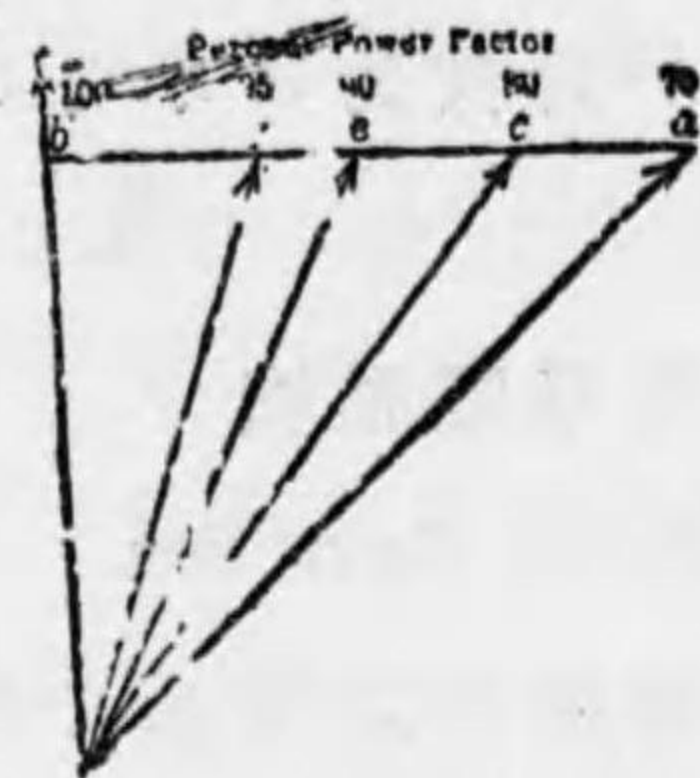
Synchronous Motors for Power-factor Correction.

一定の負荷と一定の供給電壓で運轉して居る同期電動機を考へて見る。電動機の磁界勵磁が増加すると其の反起電力は増加しやうとするが、供給電壓が一定なる爲めに之は餘り増加する事は出来なくつて、増加した磁界勵磁の作用に釣合ふ爲めには減磁電流が電動機の發電子に流れなければならぬ。此の電流は負荷が一定なる爲めに無勢力でなければならぬ、又之を減磁するには電動機の發生反起電力より遅れ従つて發電機の供給起電力より進んで居なければならぬ。

之に反して電動機の磁界勵磁が減ると其の反起電力が減じて、無勢力、磁化電流が電動機の發電子に流れなければならぬ。磁化するには此の電流は電動機の發生反起電力より進み従つて發電機の供給起電力より遅れなければならぬ。

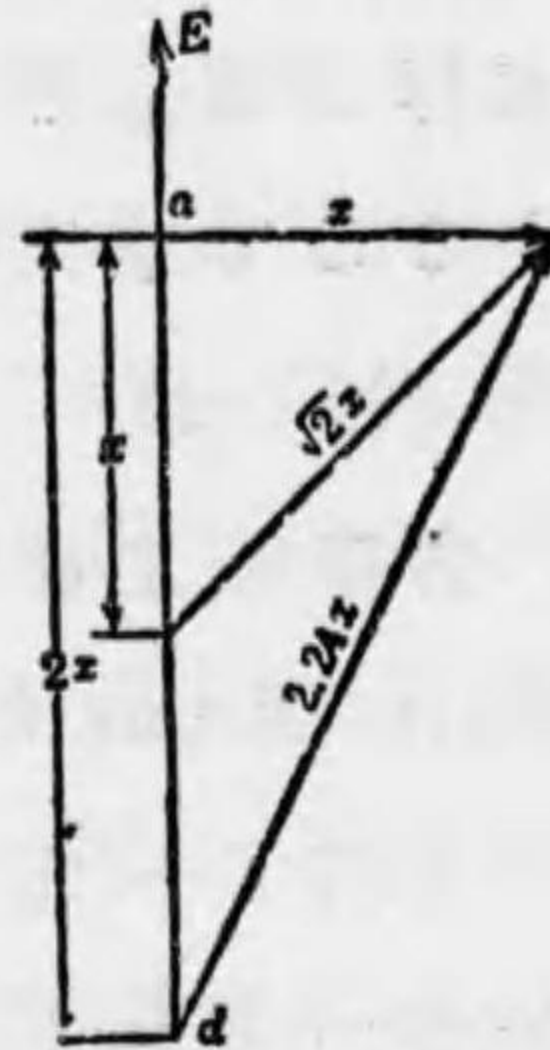
一定の力率補正に要する電動機の大いさは第二百四圖の様な線圖から解る、即ち圖に於てEは發電所の

第二百四圖



力率補正に對する電動機の大いさ

第二百五圖



力率補正に對する電動機の大いさ

電壓 E は每相の全發電所電流で E から θ 度だけ遅れて居る。力率は 70「パーセント」である。

此の發電所の力率を 100「パーセント」に上げるには此の同期電動機が進みの電流 $= ab$ を取つて、若し電動機が軽負荷で運轉し、能率が 100「パーセント」だとすると、電動機の入力は $\frac{n \times E \times ab}{1000}$ 「キログオルトアムペア」でなければならぬ。

第二百四圖から此の式の力率を 70 から 80「パーセント」に上げるには

每相 ac の無勢力電流を要し

70 から 90「パーセント」にするには每相 ae

70 から 95「パーセント」にするには每相 af

70 から 100「パーセント」にするには每相 ab

の無勢力電流を要する事が解る。従つて力率を 95 から 100「パーセント」に進めるには餘程費用がかかる。

同期電動機を力率改善に使用するには負荷の一部を此等の機械に課するのが可い。例へば第二百五圖の ab が力率補正に要する每相の無勢力電流とすると、「キログオルトアムペア」で表はした同じ値の機械的荷重を負ふ爲めには電動機の格定は倍にもならぬが 41「パーセント」だけ増加する事になる。即ち三角形 abd に示した場合に對しては機械的負荷に要する値以上 12「パーセント」の電流の増加で以つて 50「パーセント」の力率補正作用が得られる。

223. 同期電動機の設計

Design of Synchronous Motors.

第二百六圖の A 線圖は定電壓可變力率に於て取つた交流機の二三の飽和曲線を示したものである。此の機械を同期電動機として使用したとすると、最大の力率補正作用に對しては電動機の力率が零で、

勵磁は of

零の力率補正作用に對しては電動機の力率が 100「パーセント」で勵磁は og

80「パーセント」負荷で 60「パーセント」力率の補正作用に

對しては勵磁は oh となる。

同期電動機は一般に高速度機械である、従つて極數も少なく、第百九十五節に述べた通り、同期發電機の積りで設計すると界磁發熱で困却してしふ。それは力率補正といふ仕事の上から言ふと大きな勵磁で以つて働らくからである。然し同期電動機に於ては接近した調整といふ事は不要である、従つて此等の機械に對する q の値や毎時の「アムペア」誘線數は第百八十四圖に出した値よりも20パーセント位高く、

最大磁界勵磁
每極の發電子 AT の比は第百七十六圖の同期發電機に對する最初の近似に提起した値なる3以下にして可い。第二百六圖のB線圖はA線圖に曲線を示した發電機と同じ格定の同期電動機に對する飽和曲線を示して居る。

同期電動機には別に節動輪を附けないので其の節動輪作用は一般に小さいから、其の自然振動周波數は一般に比較的高く、従つて此の機械は其の裝置に何か強制的周波數が這入ると非常に振動し易い。之が爲めに同期電動機には一般に制退器を具へるのである。

224. 自己起動の同期電動機

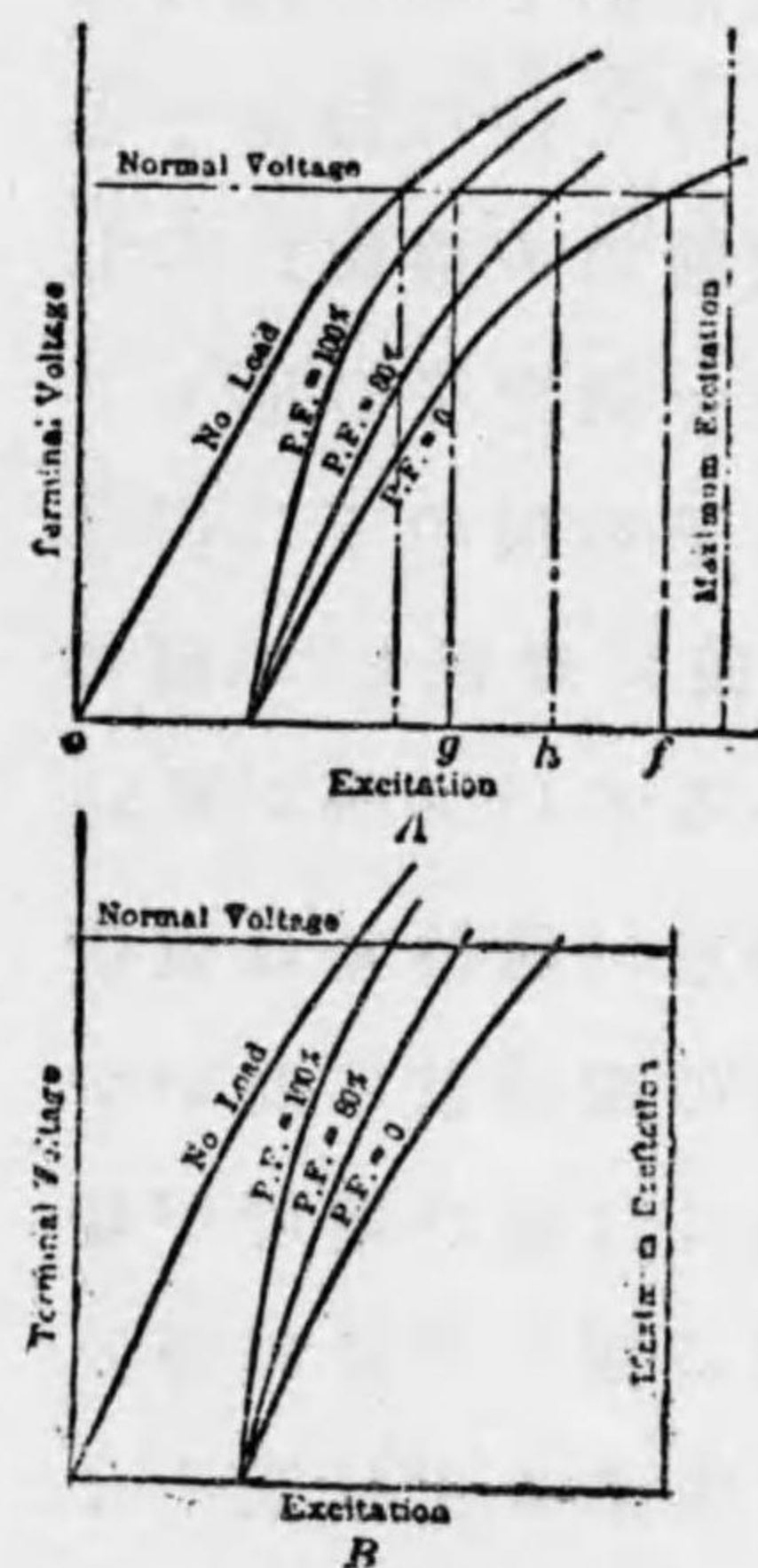
Self-starting Synchronous Motors.

此等は特殊の起動電動機を要しない場合に電動發電機裝置や小さい起動廻轉力の器具を廻はすのに使

多相機械である。此等は丁度瓦斯機關交流發電機の様に組立て、磁極に栗鼠籠捲線を具へた標準同期電動機で出来て居る。所要の起動状態に合ふ様に此の栗鼠籠を設計する方法は誘導電動機の事を研究してから後に解る。然し二三重要な點を次に述べて置かなければならぬ。

發電子捲線内の多相電流は廻轉磁界を生じて、栗鼠籠を之と共に廻轉せしめやうとするものである。此の廻轉磁界に依つて栗鼠籠に起電力を誘發するには磁束が磁極内にも這入らなければならぬ、従つて磁極は葉鐵にして、起動の周期の間は界磁線輪を開いて置かなければならぬ。

第二百六圖



交流發電機の飽和曲線

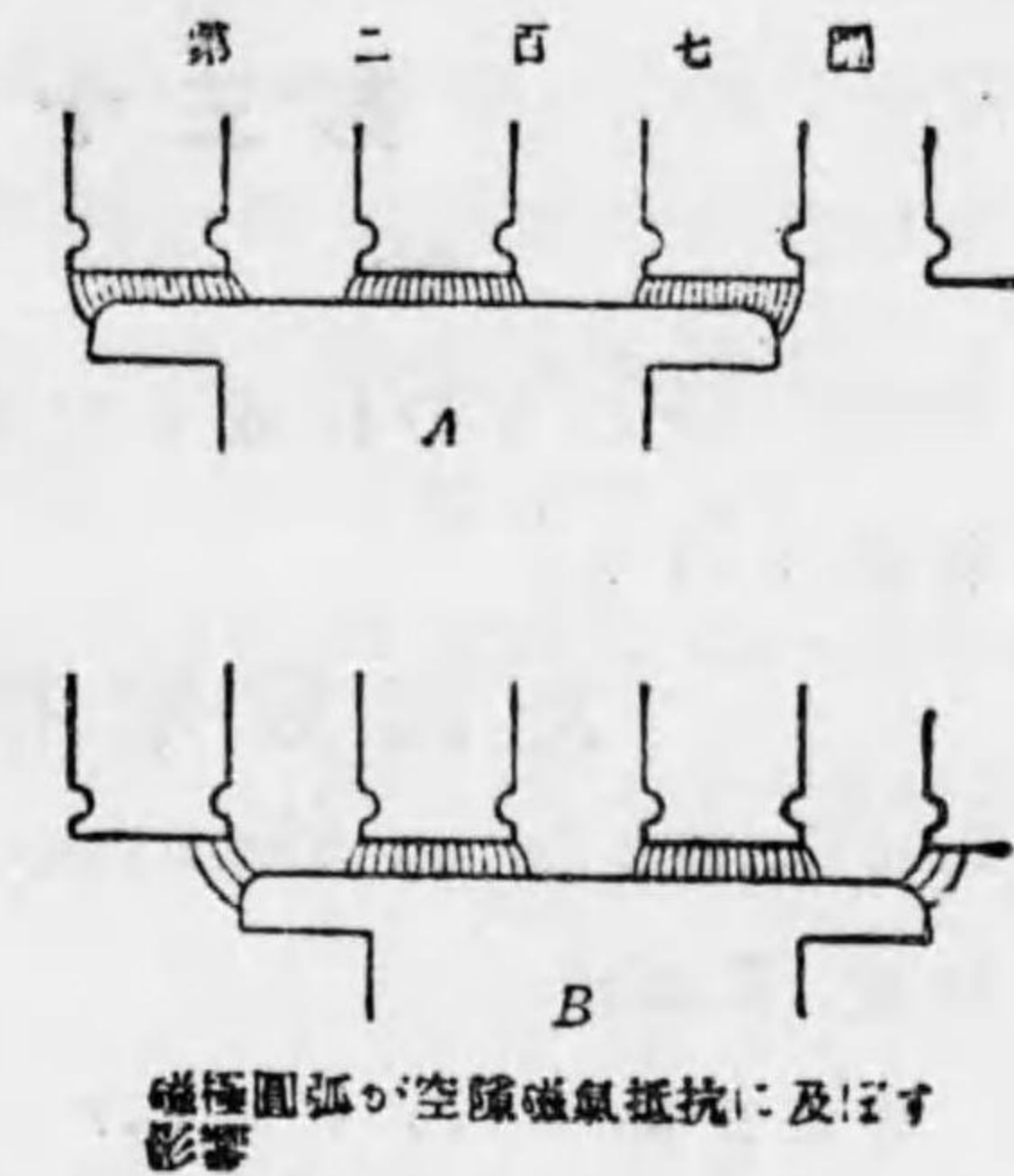
磁極を包圍するには其の磁極に於ける空隙が發電子の何の位置に於ても一定の磁氣抵抗を具へて居る様にしなければならぬ。若し磁極を第二百七圖に示した様に作るとAの位置に於ては其の空隙「リラクタンクス」は最小で、Bの位置に於ては最大である。

斯んな場合には機械が A の位置に固着して、此の固着の位置から其を動かすには大きな力が要る。

誘導電動機の第二百八十三節には、廻轉子溝「ピッチ」が固定子溝「ピッチ」の倍數だと、漏洩磁界の爲めに固着が起つて此の固着を防ぐ爲めには廻轉子の溝「ピッチ」を固定子のと違へなければならぬといふ事を示してある。第二百二十一節では不用の循環電流を防ぐによ廻轉子溝「ピッチ」は固定子のもの倍數でなければならぬと云ふ事を述べて置いた。従つて茲に譲和をしなければならぬ。そこで第二百三圖の D 線圖に示した通り導桿を置いて、廻轉子の齒を固定子の溝「ピッチ」に等しく作る。そうすると廻轉子の齒の下に於ける空隙「リラクタンス」は $(a+b)$ なる値に比例して、廻轉子の總べての位置に於て一定であるといふ事が解る。

廻轉磁界に依つて磁極に通る磁束の周波數は供給起電力の周波數に等しいので起動の際非常に高いから、毎線輪の捲數の大きな界磁線輪には高い電壓が発生し、従つて自己起動の同期電動機に對しては毎極の捲數を少なくする様に勵磁電壓は出来るだけ低くしなければならぬ。又界磁線輪は普通の同期電動機に對するものよりもよく絶縁して置く必要がある。全磁束の大きな機械の場合には起動の際界磁回路を幾つに

も切る開閉器を具へて色々な磁極に於ける起動起電力が加はらない様にすると可い。電動機が略ぼ同期速度に近附くと、界磁回路を閉ちて、僅かな勵磁を與へ、電動機を同期に持ち來たして、適當な極性で安定に落附かしめるのである。



第三十七章

仕 様

225. 次のものは或る交流發電機に對する標準的な仕様である。

交流發電機の仕様

Specification for an Alternating Current Generator.

格定 Rating.

格定容量(「キロ、ヴォルト、アムペア」)	400
力率	100%
規定端子電壓(「ヴォルト」)	2400
相數	3
毎端子の「アムペア」	96
周波數毎秒「サイクル」)	60
速度(毎分廻轉數)	600

構造 Construction.

發電機は水平型水車に直結し、廻轉田磁式のもので、「ベース」及び之に「ボルト」止めにした二個の「ベデスマル」軸承を備へ、水平軸を凸縁聯機 (Flange coupling) の爲めに突出せしめる。固定子は發電子及び界磁線輪双方に進路 (Access) を與へる様に側方へ摺動の出来る様に組立てなければならぬ。

固定子 Stator.

固定子線輪は溝内へ収める迄に完全に絶縁して、す

つかり「コムバウンド」で抱合 (Impregnate) し、且つ修繕の爲めに取り外づしの出来易い様にして置かなければならぬ。鐵心から突出して居る線輪を保護する爲めには防禦物 (Shields) を取り付けなければならぬ。

指命者は使用すべき溝の型が、開放式だとか、部分的閉鎖だとか、完全閉鎖だとかいふ風に述べなければならぬ。

廻轉子 Rotor.

廻轉子は機械的に強くつて、75「パーセント」過速度で安全に運轉する事の出来るものでなければならぬ。廻轉子に於ける「ファン」だとか突起物は其の機械の周りで働らく人が傷つかない事な風に蔽ふて置かなければならぬ。

製作と仕上 Workmanship and Finish.

製作振りは一流で、總べての部分品は標準「ゲージ」に合はして取り換への出来る事に作り、機械掛けをしない總べての表面は滑らかな仕上面を呈する様に塗り満たして磨き上げて置く。

勵磁機 Exciter.

交流機は他勵式にして、直結すべき勵磁機は別の仕様に叙述する。

抵抗器 Rheostat.

遠距離制御用の面板や「スプロケットホイール」(Face plate and sprocket wheel)を具へた適当な界磁抵抗器を附ける。

地形「ボルト」(Foundation bolt)は供しない。

聯機 Coupling.

此は水車の製作者の供すべきもので、水車の製作者は発電機の製作者に、其の半分を発電機の軸に取附ける様に、送つて遣らなければならぬ。

總説 General.

指命者は構造の觀念がはつきりと得られる様な説明の項を記入した計畫書や版圖を作成し、尙次の注意を與へなければならぬ。

固定子全重量。

廻轉子全重量。

「ベース」及「ベデスタル」の全重量。

船積重量。

あゝあ全及 $\frac{1}{2}$ 無誘導負荷に於ける能率。

規定出力で、100及85「パーセント」力率に於ける調整規

定出力及び速度、規定「キログオルト、アムペア」出力で、

100及85「パーセント」力率に於ける勵磁電流。

勵磁機電壓は120「ヴォルト」である。

能率 Efficiency.

機械内の損失は次の様にする。

旋風、摩擦及鐵損失、此等は発電機を無負荷で規定速度に運轉し、規定電壓で勵磁して、別の直流電動機で之を廻はして決定すべきである。此の電動機の出力は適當に決定する事が出来る。

界磁損失、之は色んな負荷に相當する勵磁電流に界磁端子の相當電壓を乗じたものとして取るべきである。界磁線輪は其の全負荷温度にあるものである。

發電子 I^2R 損失、發電子抵抗は全負荷發熱運轉後直ちに測定する。

負荷損失、之は短絡鐵損失試験から決定すべきもので、機械を「アムメーター」を通じて短絡し、規定速度に運轉して、色んな負荷に相當する電流を發電子に送る様に界磁勵磁を調整して行ふのである。斯様にして出した損失と、同じ電流に對する I^2R 損失との差の三分の一を負荷損失とする。

調整 Regulation.

之は速度及び勵磁を一定に保つて保證した負荷を零とした場合の端子電壓の百分率増加として取る。其は一定の勵磁に對して同期イムビダンスを一定と假定して求められる。此の「イムビダンス」は無負荷及び全負荷零力率の場合に於ける飽和曲線から決

定すべきである。

温度 Temperature.

該機械は規定電壓及速度、100「パーセント」力率に於て機械の何れの部分に於ても寒暖計で攝氏40度を超過しない温度上昇で以つて連続的に其の「キログォルトアンペア」規定荷重を負ひ、尙全負荷發熱運轉後直ちに同一の電壓、速度及力率に於て、寒暖計に依る機械各部の温度上昇が攝氏55度を超過しないで、二時間25「パーセント」の過荷重を負ひ得るものでなければならぬ。

軸承の温度上昇は規定負荷に於ても過負荷に於ても、油壺内で寒暖計で測つて攝氏40度を超過してはならぬ。

規定電壓零力率のもので、保證した發電子電流の場合以外の讓和的發熱運轉は受けない。若し製作者が機械を負荷する事が出来ないとすれば其の据付後三ヶ月以内に發熱保證に合ふか如何かを見る爲めに發熱試験を行ふ。此の試験は交流機械製作者が必要な人員及び器具を提供して行ふべきである。

過負荷容量 Overload Capacity.

該機械は120「ヴォルト」の規定勵磁機電壓で、80「パーセント」力率に於て少くとも50「パーセント」の過負荷で運轉し得なければならぬ。

該機械は規定電壓規定速度及無負荷に於て運轉して居る場合瞬時的短絡に堪へ得て、10秒間損傷なく此の短絡を支持する事が出来なければならぬ。

絶縁 Insulation.

該機械は米國電氣工師會の標定規則で推定した破壊試験に合格し、發電子及び界磁捲線の絶縁抵抗は各々1「メガオーム」以上なければならぬ。

試験好意 Testing Facilities.

製作者は此の仕様書に基づいて該機械を試験する丈の必要な好意と努力とを提供すべきである。

226. 交流機仕様書上の注意

Notes on Alternator Specifications.

交流機の製作者は一般に其の仕様書内に次の條項を挿入する。

「當所の發電機は水車で廻はしても、蒸汽機關で廻はしても、原動機の角速度の變化が並列に運轉して居る二臺の發電機間に電氣的5度(平均位置の何れの側にも2½度)以上の移動角を生じなければ「レーシング」や「ハンチング」を又は「バンピング」(Racing, hunting or pumping)なんかを生じないで安全に並列運轉の出来る事を保證する。電氣的の一度といへば機械的の一度を極點の半分で割つたものに等しい」

此の條項中には機關の製作者は一廻轉中の機關の角速度の變化が好都合な制限以内になる様な節動輪や調速器を供給すべきであることを確認して居る。然し第二百八節に示した通り、機械の自然振動周期が該方式の強制振動の周期に略一致する様だと「ハンチング」が起る。實際何んな場合でも「ハンチング」の起る場合の証明の煩累は交流機の製作者側にあるものである。

瓦斯機關に直結した交流機の場合には、提供した節動輪の大きさを當つて見て、共鳴の生ずる様な事のない事を確めるのが、交流機の製作者に對してよく勸告する所である。

波形 Wave Form.

極性線圖 (Polar Diagram) に取つた起電力は圖から5「パーセント」以上徑狀に摺れてはならないといふ事がよく指定される。然し波形の悪い爲めに生ずる色々な故障は一般に高調波に依るのであつて、此等の調波は普通5「パーセント」以内に指定されるものであるといふ事を記憶して置かなければならぬ。

温度上昇 Temperature Rise.

渦輪發電機 (Turbo generator) に於ては寒暖計に依る温度上昇は特に廻轉子の場合に於て見當の間違ひ易

いものであつて、此等の機械に對する仕様は電氣抵抗の増加で決定すべき温度上昇を稱ふべきである。記憶すべき便利な數字は銅の抵抗の10「パーセント」の増加は略ぼ攝氏25度の温度の上昇に相當するといふ事である。

電壓の高い機械に於ては固定子の温度は抵抗測定から決定し、大きな重要な機械の場合には機械の内部の温度を最も暑い部分に於て線輪に作つた熱電對若しくは線輪を絶縁する前に線輪の周圍に捲き附けた細い針金の幾捲かの抵抗の増加に依つて測定するといふ事を指定する事がよくある。此の線輪は出来るだけ機械の中性點の近くに置く。

電壓の能率に及ぼす影響

Effect of Voltage on the Efficiency.

同じ「フレーム」の上に組立つた二臺の機械を取り、其の出力及び速度は同一だが電壓の色々違つた場合に就いて考へて見る。

旋風及び摩擦損失は速度に依るものであるから電壓には無關係で一定である。

勵磁損失及び鐵損失は毎極の磁束が總べての電壓に對して同一である様に捲線を作つてあるから電壓には無關係である。

毎極の磁束を同一にする爲めには全導線数が電壓に正比例しなければならぬ。若し機械の全銅量を一定にすると、導線の太さが電壓に反比例して電流に正比例し、従つて導線の電流密度や銅損失は電壓には無関係である。然し實際の場合の様に絶縁に取られる空間の爲めに發電子の全銅量が電壓の増加と共に減少する様だとすれば、銅損失を一定に保つ爲めには電流格定を電壓の増加以上に減じなければならぬ。従つて出力は電壓の高くなる程小さくなつて来る。

そこで若し銅の全断面が總べての電壓に於て一定だとすれば、損失、出力及能率は電壓には無関係となる。然し若し銅の全断面が電壓の増加と共に減ずるものとすれば、損失が一定であるから、出力や能率は電壓の増加と共に減じて来る。

228. 速度が能率に及ぼす影響

Effect of Speed on the Efficiency.

同一の「キロワット」出力に作つた二臺の機械を取り其の内の一臺が他方の速度の二倍で運轉するものとし、

$$\frac{kw.}{r.p.m. \times D_a^2 L_c} = \text{一定}$$

又

$$\frac{\text{磁極「ピッチ」}}{\text{「フレーム」の長さ}} = \text{一定}$$

と假定して見る。此の兩假定共10極以上の機械に對しては略ぼ實際に近い。すると兩機械の關係的の寸法は次の表に示した様になる。

	A機械	B機械
出力	kw.	kw.
速度	r.p.m.	2(r.p.m.)
磁極	p	4p
發電子の内徑	D_a	$\frac{D_a}{1.6}$
「フレーム」の長さ	L_c	1.25(L_c)
磁極「ピッチ」	τ	1.25(τ)
鐵心の深さ	d_c	1.25 d_c

銅損失 Core Loss.

鐵心重量 \div (常數) $\times D_a \times L_c \times d_c$ 。で、各機械に對して同一である。従つて鐵心内の磁束密度が同一だとすれば鐵損失は速度には無関係である。

鐵心損失 Copper Loss.

$$= \frac{nZI_c^2 L_c}{\text{每導線の「サーキュラーミル」}}$$

$$= \frac{\text{毎時の「アムペア」導線}}{\text{毎「アムペア」の「サーキュラーミル」}} \times \pi D_a (L_c + 1.5\tau)$$

但し $L_c \div L_c + 1.5\tau$ である。

$\frac{\text{毎時の「アムペア」導線}}{\text{毎「アムペア」の「サーキュラーミル」}}$ の比は第百八十一圖に示した通り發熱に依つて制限される。周邊速度はB機

械に於ては A 機械に於けるよりも唯の 25「パーセント」
だけ高いから此の比は兩機械に於て略ぼ同一の値の
ものと假定して可い。従つて銅損失は

$$A \text{ 機械に於ては } \quad (\text{常數}) \times D_a(L_c + 1.5r)$$

$$B \text{ 機械に於ては } \quad (\text{常數}) \times \frac{D_a}{1.6}(1.25L_c + 1.9r)$$

$$= (\text{常數}) \times D_a(0.80L_c + 1.2r)$$

従つて速度が高くなる程一定の出力に對しては銅損
失が低くなる。

旋風損失 Windage Loss.

之は廻轉子の表面に(周邊速度)³を乗じたものに畧ぼ
比例する。B 機械の周邊速度は A 機械のものよりも
25「パーセント」大きく、旋風損失は低速度機械よりも高
速度機械の方が大きい。

軸承摩擦損失 Bearing Friction Loss.

$$= (\text{常數}) \times d \times l \times (V_b)^{\frac{3}{2}} \quad (13 \text{式})$$

B 機械の軸に働らく廻轉力は A 機械の約半分であつ
て、軸承の投射面積は此の廻轉力に正比例するから、軸
承摩擦損失

$$= (\text{常數}) \times d \times l \times (V_b)^{\frac{3}{2}} \quad A \text{ 機械に於て}$$

$$= (\text{常數}) \times \frac{d \times l}{2} \times (\sqrt{2}V_b)^{\frac{3}{2}} \quad B \text{ 機械に於て}$$

$$= (\text{常數}) \times d \times l \times (V_b)^{\frac{3}{2}} \times 0.85 \quad B \text{ 機械に於て}$$

従つて速度が高くなる程軸承摩擦損失は低くなる。

勵磁損失 Excitation Loss.

界磁線輪の放熱面積

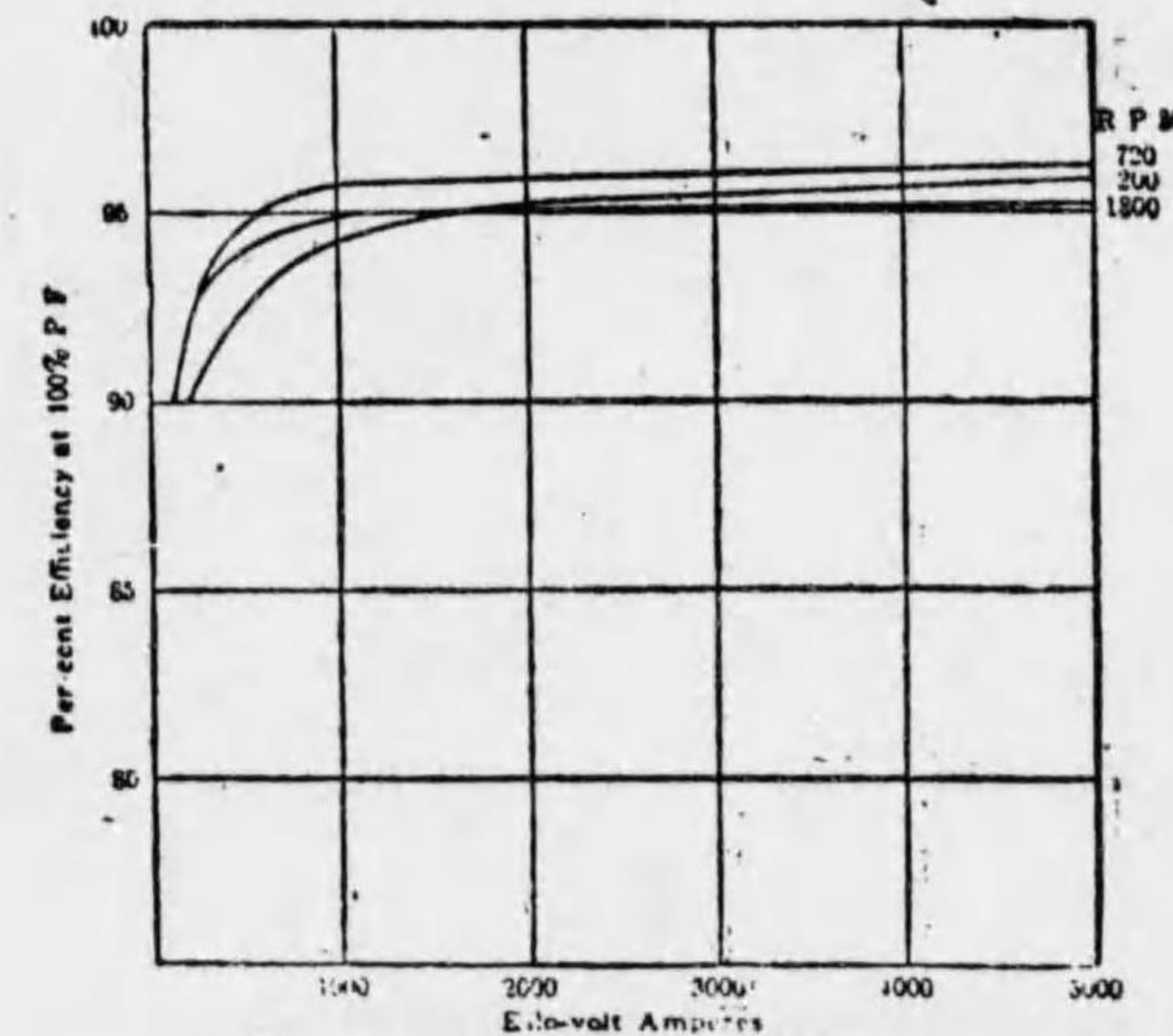
$$\div 2(\text{磁極腰部} + \text{「フレーム」の長さ}) \times \text{界磁線輪の徑狀の長}$$

$$\text{さ。}$$

B 機械は A 機械よりも 25「パーセント」大きな磁極腰部
と、25「パーセント」長い「フレーム」の長さど、10「パーセン
ト」徑狀に長い磁極どを具へて居るが、極數が半分であ
る爲めに其の放熱面積は 0.7 倍になつて居る。

B 機械に於ける毎平方吋の許し得べき「ワット」數は
A 機械に於けるものよりも約 25「パーセント」大きい、従
つて A 機械に於ける許し得べき全「ワット」勵磁損失
= W とすると。

第 二 百 八 圖



2100「ワット」交流機に對する能率曲線

B 機械に於ける許し得べき勵磁損失

$$= W \times 0.7 \times 1.25$$

$$= 0.88 W$$

従つて速度が高くなる程磁界勵磁損失は低くなる。

従つて機械の速度が高くなる程一定の「キロワット」格定に對しては損失が低くなつて能率は高くなるといふ事が一般の法則として言へる。

第二百八圖は 2400「ヴォルト」に捲いた多相交流機の能率曲線を示したものである。



大正拾四年七月二十五日印刷
大正拾四年八月一日發行

著作兼發行人

東京府大井町四二九七番地
内田吉太郎

印刷人

東京市京橋區木挽町二ノ十三番地
染谷仙藏

定價金五圓五拾錢
郵稅十二錢

大賣捌所

東京市神田區錦町三丁目十八番地
株式會社オーム社

大正十三年七月二十五日 印刷

大正十三年八月 一 日 發行

東京市大井町四二九七番地

發行者 內田吉太郎

東京市京橋區木挽町二丁目十三番地

印刷者 染谷仙藏

547

14

終