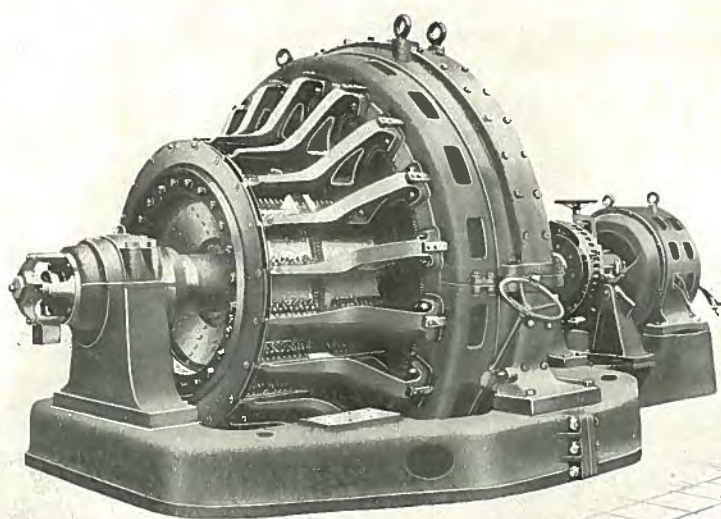


三菱電機



巨大なる廻轉變流機、耐量 2,550 KW. 外徑 10 呎餘、發生電流 8,500 A.
交流力率進み 95%、是等數字は皆驚異です。三菱電機が 7 臺製作しました。

三菱電機

第一卷

大正十四年十一月二十九日

第九號

電氣發達の未來

ウエスチングハウス電機會社取締役會長 ガイ・イー・トリップ

吾等の畏友米國「ウエスチングハウス」電機會社取締役會長「ゼネラル・ガイ・トリップ」氏は「電氣發達の未來」と題せる一篇の想像説を十月刊行の「ウエスチングハウス・インターナショナル」誌に寄稿せらる。

氏の記述する所は一讀蓋し一種の夢物語に類するの感なきにあらずとも、熟く氏寓意の在る處を玩味し、又翻て人類進化の行程學術進歩の歴史に鑑みれば、提撕せる問題は決して一場の戯語にあらずして、洵に意味深長なるを覺ゆるなり。由來眇たる學究の超世的理論は往々にして世人嘲笑の料と爲りたること甚だ尠なからずと雖も、而も亦學者幽玄の夢想は屢ば實世界の活現象と進化し、時に精妙無比の實用的新發見と成ること其の例に乏しからず、否雪に乏しからず。



G. E. Trippe

*ざるのみならず、幾千年以來人類文化の進歩に盡く此の軌路を辿りたるに外ならずして、氏の言は眞に頂門の金椎と謂ふべきなり。就中其人口過剰の日あるべきを暗示し、糧を無盡の空間に採め、以て所謂文化生活窮迫の期に備へんことを警告し、殷鑑を薄倖なる亞細亞萬年の舊邦に採るの一段に至ては、特に吾人の留意を要する所と信ず。此の警語を耳にして而も此の警を爲す氏の國土は沃野千萬里糧食竭乏を告ぐるの期ありとするも幾百世紀の未來なることを顧へ

ば、氏が子孫長久の計を爲すの深遠精緻にして其の用意の周密なるに驚かざるを得ざると共に、飢餓當に至らんとする吾人島帝國の蒸民將た如何にしてか明日の計を爲すべき乎。彼を視是を思へば感慨無量、茲に河村氏に乞ひ「トリップ」少將の稿を抄譯し、讀者各位の三省を望み其の奮起を祈る。

大正十四年仲秋 武田 秀雄

其の科學的なると推測的なるとを問はず或る一種の想像を具象化せしむる事は常に深甚の興味ある問題なり。

ジュール・ヴェルヌは潜水艦に付き、エイチ・デー・ウェルズは飛行機に付き、又キップリングは航空船を以てする運輸に付き、其の實現に先立つ遠き以前、已に業に之が發明を夢想せり。ペラミーは彼の名著「過去を顧みて」(ルッキング・バックワード)中に音樂と教育を座

ながらにして家庭に招致する仕組に就て記述したるが、恰も現今のラヂオ放送に髣髴たるものなりき。

これ等大家の思想を逐ひ、余も亦將來電氣界に於て實現性を有する一二の例を擧げて、敢て之が記述を試みんとす。蓋し前掲の諸例の如きも、其當時にありては驚くべき奇想の様思惟せられたるものなるが、余も亦決してそれ以上に不可思議の思索に耽らむとするものに非ず。

電氣の應用にして最も廣く知れ亘りたるものは電燈ならむ、而も電氣を白熱燈に換ふる程浪費多く、斯くばかり贅澤なる方法は無かるべし。余は現に是等の電燈を吾社の工場に於ても製作し居るに拘らず斯く云はんとする所以は、電燈に消費せらるゝ電力は僅かに之が正味の約五パーセンのみが燭光として有用に働くに過ぎざるが故なり。實に此一點にても、吾人今後の研究に多大の餘地あること明かなりと謂ふべし。這個の事に關しては、英國劍橋大學の碩學ゼー・ビー・エス・ホルデー博士は謂へり「燈火用としての電燈は、恰も吾人が自己の家屋を灰燼に爲すを厭はずして食用の豚肉を焙るに等しき浪費を敢てするに外ならず。今後五十年間には電燈が現今代價の約五十分の一の費用を以て得らるゝに至るべしと豫言するも、決して妄語にあらず。應ては我等の都市は不夜の境と化するの日あるべきなり。抑々晝夜交代の如き自然の循環は人類活動の自由を束縛するものにして、畢竟他の空間的又は時間的の障害と等しき道を辿り、人類の力にて終には除去せらるべきものなり」と。

効率顯著なる最新式の蒸汽タービン機關とても尙ほ且つ石炭含熱量中、理論的に算定せらるゝ力の約十六パーセントを發生せしむるのみに過ぎずして、茲に科學者が開拓し得べき八十四パーセントの餘地あるを見る。斯くしては近き將來何れの日にか全然蒸汽の使用を廢して、熱より直接に電氣を發生する事あるべきを思はしめ、何人も其の不可能を斷言する能はざらむ。

明日と云はずして、恰も瓦斯が瓦斯容器に、油が樽に貯藏せらるゝ如く、電氣も安價にして安全なる且つ永續性ある蓄電池に貯へ得らるゝ發明を見る事なしと云ひ能はざるべく、學術の進歩此に至らば、電燈及び電力工業に一大革命を齎らざれば己まざるべし。

風を主なる原動力と爲す案に關し、ホルデー氏は曰く、思ふに英國の動力問題は結局次の如き解決に到達すべしと。即ち至る處に金屬製の風車の列を見るに至り、之等は發電機を運轉し、其發電機は大なる電力幹線に高壓なる電流を送り、而して適宜の距離を措きて、幾多の

大規模なる動力發生所ありて、風ある日には其餘力を以て水を水素瓦斯と酸素瓦斯とに電氣分解せしめ、其の瓦斯は液化せしめて眞空套を纏ひたる蓄藏器にして恐らくは地中に埋没しある如き液体槽に容れて貯へらるべし。これ等の蓄藏器にして充分大なるに於ては、熱の内部傳導による液体の損失は微少なるべし。例へば百碼平方にして深さ六十呎の蓄藏器より日々蒸發する割合は、二呎立方の槽より漏洩する失量の千分の一にも當らざるべし。無風の時は瓦斯が再び化合し爆發原動機を作動して發電機を運轉し、更に電氣を發生せしむるか、或は尙ほ進んでは其の儘瓦斯を酸化電槽中に容れて作用せしむ」と。

以上記述する處たるや單に當今研究家及び科學者が頻りに希望を抱きて討究しつつある可能性を有する事項のみを擧げたるに過ぎざれども、之等は決して終極的のものに非ず、學者の理想は更に向上して、電氣の作用を或る種の物質に施し、無熱發光の出現をも思考する事を得べし。例へば、部屋の壁の塗料にラヂオの電波を送りて感應せしむるが如き是なり。

或は空氣をして現在の電氣と磁氣の傳導體として之に代らしむるが如き事をも爲し得べし。

人口過剰の爲め吾人の生存が脅かさるゝに至らば、電氣を用ひて空中の窒素又は他の物質より糧食を採取し得る方法も發見せらるゝ事あるべく、斯くしてこそ吾文化生活は某々亞細亞の諸國の如き經濟的窮地に陥るを防止し得べきものなり。

或は亦浪費多き蒸汽機關を驅逐して、太陽の熱又は地球内部の地熱より直接電氣を發生せしむる事を得ば、將來の釀熱問題を容易に解決せしむるに至るべし。

尙一層余の想像を逞しくすれば光、熱、エネルギーは遠き將來に於ては、何かの形で成りて貯藏せられ、電氣は遂に用ひられざる時代に逢着すべきか。磷性の發光、土螢、又はラヂウムの如きは、其の可能性を物語るものにあらざるなきか。終り

(雜誌ウエスチングハウス・インターナショナル第六卷第七、八號より W 社の承諾を得て河村正抄譯)

蒸汽タービン直結発電機廻轉子に

誘起せらるゝ歪及歪力に就て

神戸製作所交流機設計主任技師

古 丸 藤 太

緒 言

蒸汽タービン直結発電機廻轉子は、一箇の圓塼體の周邊に、放射狀或は平行に數箇の溝を有し、其の内部に廻轉子體とは弾性的に絶縁せられたる電氣的絶縁物及導体を有す。斯様な多相體(heterogeneous system)が廻轉する時に誘起せらるゝ歪及歪力は甚だ錯雜にて、簡單に取り扱ふ事を得ず、平行溝を有するものにありては特に然り

今廻轉子を齒の部分と、圓塼の部分とに分ちて考ふるに、圓塼部の弾性を考へ入るゝ時は、廻轉に基く遠心力に依りて生ずる radial stress の爲めに tangential stress 生じ、兩者相互に相牽制す。其の關係は、 $e_r = \frac{1}{E}(S_r - VS_t)$ 及び $e_r = \frac{1}{E}(S_t - VS_r)$ に依りて表はさる。V は材質に依りて定まる定數にて、鋼にあては約 0.3 なり。此の關係を考へ入るゝ時は、圓塼部の strain を示す基本式は $x^2 \frac{d^2 l}{dx^2} + x \frac{dl}{dx} - l + Ax^3 = 0$ となる。次に齒の部分の stress の方向に自由に歪みを生じ得る故に、遠心力に依る唯一の方向の stress 及 strain を取り扱ふ事となる。

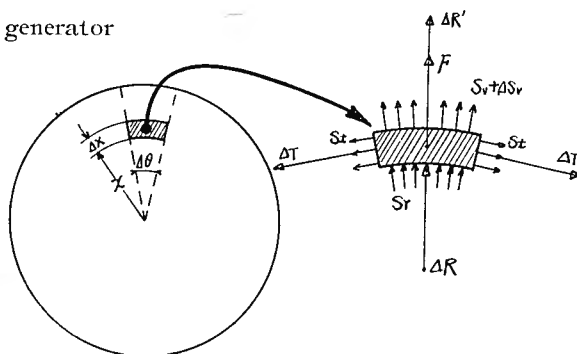
齒の根に於ける stress の状態に依りて、圓塼部の strain の基本方程式の解式の恒數を定むる條件を撰定し得、從て各種の場合を一基本式に包括せしめ得。

最後に次の二例を舉げて數字例を示す。

31,250kv-a. 1,800r.p.m. radial slot turbo generator

8,750kv-a 3,600r.p.m. parallel slot Lyungstrom turbo

generator



第 一 圖

I 圓塼形彈性體に誘起せらるゝ stress 及 strain

1 一定速度を以て廻轉せしめたる場合

g = gravity constant = 32.2 ft./sec./sec.

γ = specific weight in lb./cub. inch

x = distance from the centre in inches

w = angular velocity in radian

L = length of cylinder in inches

R = radius in inches

S_r = radial stress

S_t = tangential stress

DM = mass of the elementary section in lb.

DF = centrifugal force on the elementary section
 $= DMxw^2 = \frac{x Dg \cdot Dx \cdot L \gamma}{g} x w^2$

DR = radial force at the inner circumference of the elementary section = $S_r x Dg \cdot L$

DR' = radial force at the outer circumference of the elementary section = $(S_r + DS_r)(x + Dx) Dg \cdot L$

DT = tangential force on the radial surface of the elementary section = $S_t \cdot Dx \cdot L$

DZ = radial component of $2DT$
 $= 2DT \cdot \sin \frac{Dg}{2} = DT \cdot Dg = S_t \cdot Dx \cdot Dg \cdot L$

elementary section の平衡に要する條件は、

$$S(\text{radial force}) = 0$$

$$S(\text{tangential force}) = 0$$

$$\text{即ち } DR' - DR = DZ - DF$$

$$DT \cos Dg = DT \cos Dg$$

第一の條件即ち $S(\text{radial force}) = 0$ より

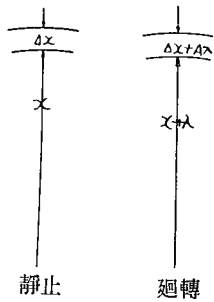
$$(S_r + DS_r)(x + Dx) Dg \cdot L - S_r \cdot x Dg \cdot L = S_t \cdot Dx \cdot Dg \cdot L - \frac{x Dg \cdot Dx \cdot L \gamma}{g} \frac{x}{12} w^2$$

兩邊を $Dg \cdot L$ にて除し、 $\frac{DS_r \cdot Dx}{x}$ の項を除外すれば、

$$\frac{dS_r}{dx} + \frac{1}{x}(S_r - S_t) + \frac{\gamma w^2}{12g} x = 0 \dots \dots \dots (1)$$

S_r S_t を一の變數に纏める爲めに、此等を elongation の項にて示す。

e_r = radial elongation per unit length of radius
 e_t = tangential elongation per unit length of circumference
 l = total radial elongation at the distance x from the center
 Dl = radial elongation per Dx
 e = modulus of elasticity



第二圖

$$\left. \begin{aligned} e_r &= \frac{1}{E} (S_r - v S_t) \\ e_t &= \frac{1}{E} (S_t - v S_r) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

$$\left. \begin{aligned} e_r &= \frac{Dl}{Dx} \\ e_t &= \frac{2\pi(x+l) - 2\pi x}{2\pi x} = \frac{l}{x} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

(2) 及 (3) より e_r 及 e_t を消去すれば

$$\left. \begin{aligned} S_r &= \frac{E}{1-v^2} \left(\frac{vl}{x} - \frac{dl}{dx} \right) \\ S_t &= \frac{E}{1-v^2} \left(\frac{l}{x} + v \frac{dl}{dx} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

S_r を x につきて微分すれば

$$\frac{dS_r}{dx} = \frac{E}{1-v^2} \left\{ v x \frac{dl}{dx} - l + \frac{d^2l}{dx^2} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

(4)(5)を(1)に置換わて、 S_r S_t 及 $\frac{dS_r}{dx}$ を消去して簡単にすれば、

$$x^2 \frac{d^2l}{dx^2} + x \frac{dl}{dx} - l + Ax^2 = 0 \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{但し } A = \frac{1-v^2}{E} \frac{rw^2}{12g}$$

(6)は 2nd order の homogenous linear equation にて、2nd member が $-Ax^2$ なる場合にして、其の一般解式は、

$$l = b_1 x + b_2 \frac{1}{x} - \frac{1}{8} Ax^2 \dots\dots\dots (7)$$

(7)を x に就きて微分したるものと、 x にて除したるものを求むれば、

$$\left. \begin{aligned} \frac{dl}{dx} &= b_1 - b_2 \frac{1}{x^2} - \frac{3}{8} Ax \\ \frac{l}{x} &= b_1 + b_2 \frac{1}{x^2} - \frac{1}{8} Ax \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

従ひて S_r 及び S_t を求むれば、

$$\left. \begin{aligned} S_r &= \frac{E}{1-v^2} \left\{ b_1(1+v) + b_2(v-1) \frac{1}{x^2} - A \left(\frac{1}{8} v + \frac{3}{8} \right) x^2 \right\} \\ S_t &= \frac{E}{1-v^2} \left\{ b_1(1+v) - b_2(v-1) \frac{1}{x^2} - A \left(\frac{1}{8} 3v + \frac{1}{8} \right) x^2 \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

b_1 b_2 は限界条件に依りて定まる定数にして、次に各種の場合に於て b_1 b_2 を定めんとす。

第一 圓壩形廻轉子の場合

b_1 b_2 を定むる條件は、中心軸に於ては、elongation 無き事及外周邊に於ては radial stress の無き事にして、

$$l = 0 \quad x = 0$$

$$S_r = 0 \quad x = R$$

$$\text{従て } b_1 = A \frac{v+3}{8(1+v)} R^2 \quad b_2 = 0$$

$$\left. \begin{aligned} l &= \frac{1-v}{8E} \frac{rw^2}{12g} \left\{ R^2 x \frac{3+v}{1+v} - x^3 \right\} \\ S_r &= \frac{3+v}{8} \frac{rw^2}{12g} (R^2 - x^2) \\ S_t &= \frac{3+v}{8} \frac{rw^2}{12g} \left\{ R^2 - \frac{1+3v}{3+v} x^2 \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$



第三圖

8,750 kv-a ユングストロームタービン直結電動機
廻轉子の平行溝を示す

第二 圓壩形廻轉子の外週邊に沿ひて一定の radial stress S_0 を與へたる場合

b_1 b_2 を定むる條件は、中心軸に於ては、elongation 無き事及外周邊に於ては radial stress S_0 なる事にして、

$$l = 0 \quad x = 0$$

$$S_r = S_0 \quad x = R$$

$$\text{従て } b_1 = \frac{A(3+v)}{8(1+v)} R^2 + \frac{S_0(1-v)}{E} \quad b_2 = 0$$



第四圖

8,750 kv-a ユングストロームタービン直結電動機
廻轉子を組立たる所を示す

$$\left. \begin{aligned} l &= \frac{1-v}{8E} \frac{rw^2}{12g} \left\{ R^2 x \frac{3+v}{1+v} - x^3 \right\} \\ &\quad + \frac{S_0(1-v)}{E} x \\ S_r &= \frac{3+v}{8} \frac{rw^2}{12g} \left\{ R^2 - x^2 \right\} + S_0 \\ S_t &= \frac{3+v}{8} \frac{rw^2}{12g} \left\{ R^2 - \frac{1+3v}{3+v} x^2 \right\} + S_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots(11)$$

第三 中空圓環形廻轉子の場合

b_1, b_2 を定むる條件は、内周邊及び外周邊に於て、radial stress 無き事にして、

$$S_r = 0 \quad x = R' \quad \text{但 } R' \text{ を内徑とす}$$

$$S_r = 0 \quad x = R$$

$$\text{從て } b_1 = \frac{-A(3+v)}{8(1-v)} (R^2 + R'^2) \quad b_2 = \frac{-A(3+v)}{8(1+v)} R^2 R'^2$$

$$\left. \begin{aligned} l &= \frac{1-v^2}{8E} \frac{rw^2}{12g} \left\{ \frac{3+v}{1+v} (R^2 + R'^2) x \right. \\ &\quad \left. + \frac{3+v}{1-v} R^2 R'^2 \frac{1}{x^2} - x^3 \right\} \\ S_r &= \frac{3+v}{8} \frac{rw^2}{12g} \left\{ \frac{R^2 + R'^2}{1+v} - \frac{R^2 R'^2}{1-v} \frac{1}{x^2} \right. \\ &\quad \left. - x^2 \right\} \\ S_t &= \frac{3+v}{8} \frac{rw^2}{12g} \left\{ \frac{R^2 + R'^2}{1+v} + \frac{R^2 R'^2}{1-v} \frac{1}{x^2} \right. \\ &\quad \left. - \frac{1+3v}{3+v} x^2 \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots(12)$$

第四 中空圓環形廻轉子の外周邊に沿ひて一定の

radial stress S_0 を與へたる場合

b_1, b_2 を定むべき條件は、内周邊に於て radial stress 無き事と、外周邊に於て radial stress S_0 なる事にして、

$$S_r = 0 \quad x = R'$$

$$S_r = S_0 \quad x = R$$

$$\text{從て } b_1 = \frac{-(Av+3)(R^2+R'^2)}{8(1+v)} + \frac{S_0(1-v)R^2}{E(R^2-R'^2)}$$

$$b_2 = -\frac{A(v+3)R^2R'^2}{8(1-v)} + \frac{S_0(1+v)R^2R'^2}{E(R^2-R'^2)}$$

$$\left. \begin{aligned} l &= \frac{1-v^2}{8E} \frac{rw^2}{12g} \left\{ \frac{3+v}{1+v} (R^2 + R'^2) x \right. \\ &\quad \left. + \frac{3+v}{1-v} R^2 R'^2 \frac{1}{x^2} - x^3 \right\} \\ &\quad + \frac{S_0 x}{E(1-\frac{R'^2}{R^2})} \left\{ (1-v) + (1+v) \frac{R'^2}{x^2} \right\} \\ S_r &= \frac{3+v}{8} \frac{rw^2}{12g} \left\{ \frac{R^2 + R'^2}{1+v} - \frac{R^2 R'^2}{1-v} \frac{1}{x^2} \right. \\ &\quad \left. - x^2 \right\} + \frac{S_0}{1-\frac{R'^2}{R^2}} \left(1 - \frac{R'^2}{x^2} \right) \\ S_t &= \frac{3+v}{8} \frac{rw^2}{12g} \left\{ \frac{R^2 + R'^2}{1+v} + \frac{R^2 R'^2}{1-v} \frac{1}{x^2} \right. \\ &\quad \left. - \frac{1+3v}{3+v} x^2 \right\} + \frac{S_0}{1-\frac{R'^2}{R^2}} \left(1 + \frac{R'^2}{x^2} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots(13)$$

第五 中空圓環形廻轉子の内周邊に沿ふて一定の radial stress S_0 を與へたる場合

b_1, b_2 を定むる條件は、外周邊に於て radial stress 無き事及び内周邊に於て radial stress $-S_0$ なる事にして、

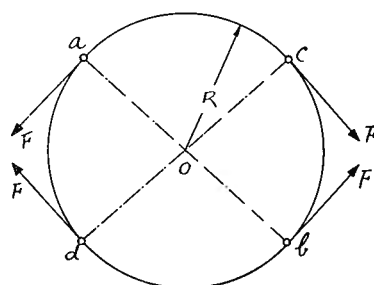
$$S_r = -S_0 \quad x = R'$$

$$S_r = 0 \quad x = R$$

$$\text{從て } b_1 = -\frac{A(3+v)(R^2+R'^2)}{8(1+v)} + \frac{S_0(1-v)R^2}{E(R^2-R'^2)}$$

$$b_2 = -\frac{A(3+v)R^2R'^2}{8(1-v)} + \frac{S_0(1+v)R^2R'^2}{E(R^2-R'^2)}$$

$$\left. \begin{aligned} l &= \frac{1-v^2}{8E} \frac{rw^2}{12g} \left\{ \frac{3+v}{1+v} (R^2 + R'^2) x \right. \\ &\quad \left. + \frac{3+v}{1-v} R^2 R'^2 \frac{1}{x^2} - x^3 \right\} \\ &\quad + \frac{S_0 x}{E(1-\frac{R'^2}{R^2})} \left\{ (1-v) + (1+v) \frac{R'^2}{x^2} \right\} \\ S_r &= \frac{3+v}{8} \frac{rw^2}{12g} \left\{ \frac{R^2 + R'^2}{1+v} - \frac{R^2 R'^2}{1-v} \frac{1}{x^2} \right. \\ &\quad \left. - x^2 \right\} - S_0 \frac{1-\frac{R'^2}{x^2}}{1-\frac{R'^2}{R^2}} \\ S_t &= \frac{3+v}{8} \frac{rw^2}{12g} \left\{ \frac{R^2 + R'^2}{1+v} + \frac{R^2 R'^2}{1-v} \frac{1}{x^2} \right. \\ &\quad \left. - \frac{1+3v}{3+v} x^2 \right\} + S_0 \frac{1+\frac{R'^2}{x^2}}{1-\frac{R'^2}{R^2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots(14)$$



第五圖

□ 二組の等しくして相反する偶力 $2FR$ を與へたる場合

今圓環形彈性體の周邊に二組の相等しくして、方向の相反する偶力を與へたる場合を考

ふるに、 aod 及 cob なる部分にては、tangential stress が compression になり radial stress は tension になり aoc 及 dob なる部分にては、tangential stress は tension になり、radial stress は tension になる。此の場合はイの場合に於て、 $DF=0$ となり stress を示す方程式は、

$$\frac{dS_r}{dx} + \frac{1}{x}(S_r + S_t) = 0$$

elongation を示す方程式は、

$$x^2 \frac{d^2 l}{dx^2} + x \frac{dl}{dx} - l = 0$$

此の場合は後日詳述する事として、最も簡単なる場合を取れば、

$$\left. \begin{aligned} l &= b_1 x + b_2 \frac{1}{x} \\ \frac{dl}{dx} &= b_1 - b_2 \frac{1}{x^2} \\ \frac{l}{x} &= b_1 + b_2 \frac{1}{x^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (15)$$

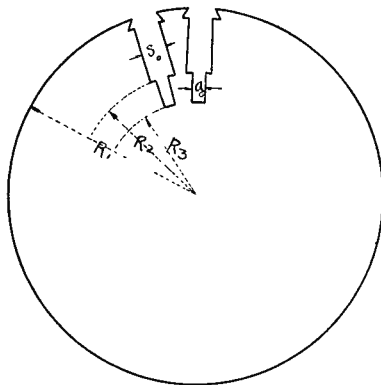
b_1, b_2 を定む條件は、中心軸に於ける elongation 無き事と、或る一定の断面に於ける moment が定まる事にして

$$l = 0 \quad x = 0$$

$$\int_{x=0}^{x=R} S_t x dx = F \cdot R$$

$$\left. \begin{aligned} S_t &= S_r = \frac{2F}{R} \\ l &= \frac{2F}{R} \frac{1+\nu}{E} x \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (16)$$

II 一定速度にて廻轉する放射狀の齒に誘起せらる stress



第六圖

遠心力の總計を F_2 とすれば、

$$F_2 = \frac{\pi w^2}{12g} \left\{ \frac{\pi}{6} (R_1^3 - x^3) - (2\pi x - S_0 n) (R_1^2 - x^2) \right\}$$

齒の根に於きては、

$$F_{2-0} = \frac{\pi w^2}{12g} \left\{ \frac{\pi}{6} (R_1^3 - R_2^3) - (2\pi R_2 - S_0 n) (R_1^2 - R_2^2) \right\}$$

齒の根に於ける radial stress S_r は

$$S_r = \frac{F_1 + F_{2-0}}{2\pi R_2 - S_0 n} \dots\dots\dots (17)$$

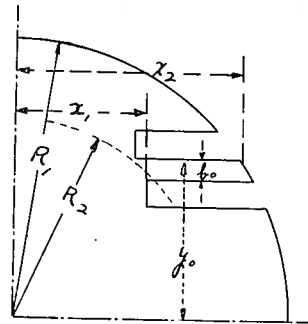
但し n は齒總數

通風溝の部分の齒の軸方向毎時に働く、遠心力の總計を F_3 とすれば

$$F_3 = \frac{\pi w^2}{12g} \left\{ \frac{\pi}{6} (R_2^3 - x^3) - (2\pi x - a_0 n) (R_2^2 - x^2) \right\}$$

齒の根元に於きては、

$$F_{3-0} = \frac{\pi w^2}{12g} \left\{ \frac{\pi}{6} (R_2^3 - R_3^3) - (2\pi R_3 - a_0 n) (R_2^2 - R_3^2) \right\}$$



第七圖

齒の根に動く radial stress

S_r は

$$S_r = \frac{F_1 + F_{2-0} + F_{3-0}}{2\pi R_3 - n a_0} \dots\dots (18)$$

圓壩部の外周邊に働く radial stress S_0 は

$$S_0 = \frac{F_1 + F_{2-0} + F_{3-0}}{2\pi R_3} \dots\dots (19)$$

III 一定速度にて廻轉する平行狀の齒に誘起せらる stress

一つの齒或は捲線の軸方向毎時に働く、遠心力の齒の方向の分力の總計を $P \cos \theta$ とすれば

$$P \cos \theta = \int_{x_1}^{x_2} \frac{\pi b_0 w^2}{12g} \sqrt{x^2 + y^2} dx \times \sqrt{\frac{x}{x^2 + y^2}} = \frac{W}{12g} w^2 \frac{x_1 + x_2}{2}$$

但し W は一つの齒又は、捲線の軸方向毎時の重量

$P \cos \theta$ に依りて齒の方向に働く tension P_0 は、

$$P_0 = \frac{S P \cos \theta}{b_0} = S \left\{ \frac{W}{12g} w^2 \frac{x_1 + x_2}{2} \right\} / b_0$$

一つの齒或は捲線の軸方向毎時に働く遠心力の、齒に垂直の方向の分力の總計を $P \sin \theta$ とすれば

$$P \sin \theta = \int_{x_1}^{x_2} \frac{\pi b_0 w^2}{12g} \sqrt{x^2 + y^2} dx \sqrt{\frac{y_0}{x^2 + y^2}} = \frac{W}{12g} w^2 y_0$$

齒の毎時の負荷 w_0 は次に示す如く定數となる

$$w_0 = \left\{ \frac{\pi b_0 w^2}{12g} \sqrt{x^2 + y^2} dx \sqrt{\frac{y_0}{x^2 + y^2}} \right\} / dx = \frac{\pi b_0 w^2 y_0}{12g} = \left(\frac{W}{12g} w^2 y_0 \right) / (x_2 - x_1)$$

遠心力の垂直分の齒に對する關係は、長さ $x_2 - x_1$ にて一端を固定し、他の一端を支わたる canti-lever に、 w_0 なる uniformly distributed load を與へたる場合に相當し、齒の根に於ける max. bending moment $M_{\max}$ は、

$$M_{\max} = \frac{1}{8} w_0 (x_2 - x_1)^2$$

$M_{\max}$ に依る maximum skin stress $P_{\max}$

$$P_{\max} = \frac{6M_{\max}}{b_0^2}$$

齒の根に於ける combined stress P は

$$P = P_{\max} \pm P_0 \dots\dots\dots (20)$$

次に齒の負荷の圓環部の外周邊に與へる radial stress

S_r は

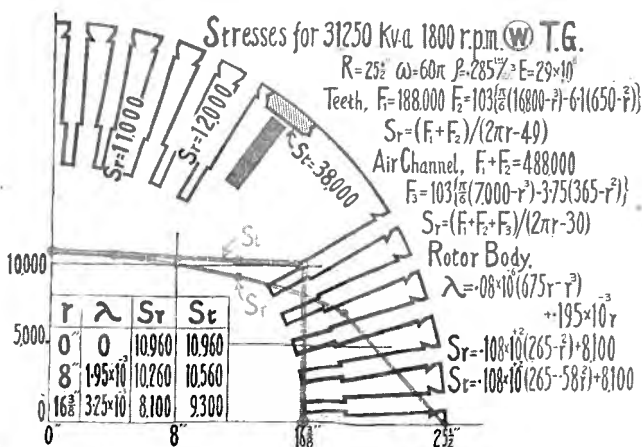
$$S_r = \frac{S(P \cos \theta) \cos \theta}{2\pi R_2} \dots\dots\dots (21)$$

圓環部の外周邊に與へられたる相等しくして、方向相

反する二組の偶力 $\pm 2FR$ は

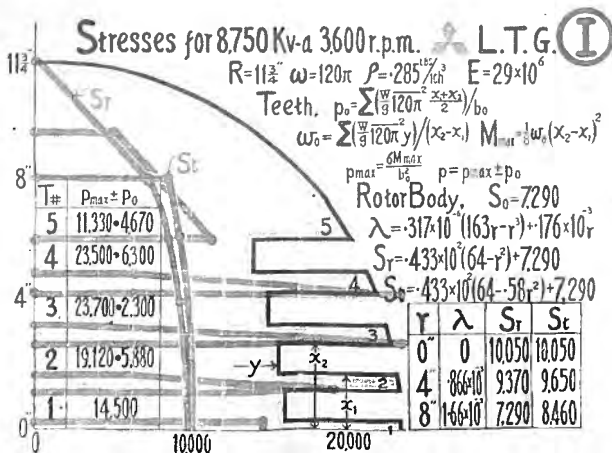
$$\pm 2FR = S \pm 2(P \cos \theta) \sin \theta R_2 \dots\dots\dots (22)$$

IV タービン直結發電機廻轉子に誘起せらるゝ stress



第八圖

31,250 Kv-a 1,800 r.p.m. radial slot turbo-generator rotor の stress を示す



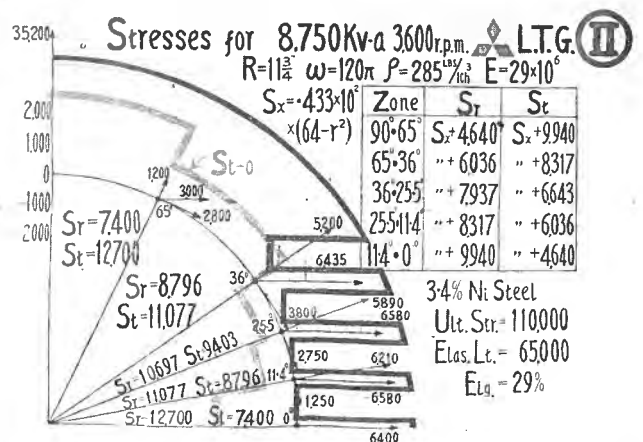
第九圖

8,750 Kv-a 3,600 r.p.m. parallel slot Lyungstrom turbo-generator rotor の stress を示す (其一)

以上に挙げたる各種の場合を一つの纏りたるタービン直結發電機廻轉子に應用するに當りて要する關係を表示すれば

イ radial slot を有する場合

部分名稱		式の番號
齒	捲線溝根元	⑬
	通風溝根元	⑭
圓環部	S_0	⑮
	S_r	⑪
	S_t	⑪
Coil supporting end bell		⑬



第十圖

8,75 Kv-a 3,600 r.p.m. parallel slot Lyungstrom turbo-generator rotor の stress を示す (其二)

ロ 平行溝を有する場合

部分名稱		式の番號
齒の根元		⑳
圓環部	S_0	21
	$\pm 2FR$	22
	S_t	㉑ 及 ㉒
	S_r	㉑ 及 ㉒

同期周波数変換機 (前號つゞき)

(Synchronous Frequency Converter)

長崎製作所交流発電機設計主任技師

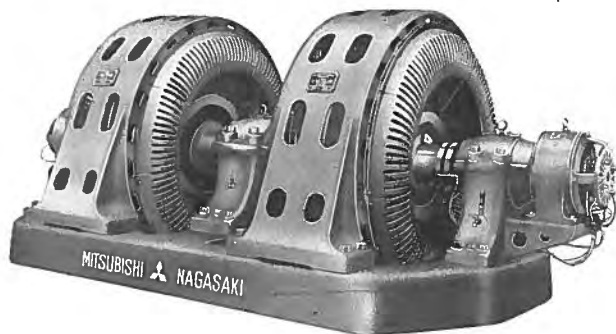
石 黒 九 一

5. 二基の周波数変換機間の負荷分配

二基の周波数変換機を、先づ無負荷に於て発電機電動機側共竝列運転をなすには、一方の電動機及び発電機固定子捲線と磁極との関係的位置が、他方のそれと全く同

の相差を読み、かくして第二臺目電動機の各の磁極につき、発電機のシンクロスコープにより相差を知り、之れを理想的に調整されたる場合の第二臺目発電機の磁極の位置と比較して、相差角及び移動方向を知りて調整す。

例へば四極と十極の場合のシンクロスコープの読み下表の如しとすれば



第 一 圖
1,250 KVA 周波数変換機 (60-40 サイクル)

様なるを要す。然るに此の如きことは、同一容量にして且同一製作者の製品と雖も其製作甚だ困難にして、殊に容量、製作者の相異なるものにては、殆んど不可能に近し。故に此関係的位置は、何等かの方法を以て調整を要するは明かなり。此調整を爲すために、普通何れか一方の變換機の電動機或は発電機の固定子框 (stator frame) を其固定脚 (cradle) に對して周圍何れの方法にも一定角度だけ移動し得る様になし、此移動角度を下記述ぶる方法により適宜に調整して、上記関係的位置を正す。此調整方法は先づ二基の静止状態に於て各電動機固定子捲線の或る相と其廻轉子の磁極との関係的位置とを定め、之れに對する発電機側の固定子捲線の一定相と磁極との関係位置を正確に調べ、一方の固定子框を任意角度だけ移動せしめて、二基を略同一状態になす。

次に電動機側をシンクロナイズして竝列に結び、二臺の発電機の固定子捲線一定相間例へば A 相間にシンクロスコープを入れて其相差 (phase difference) を知り、更に第二臺目の電動機の磁極をスリップさせて同様に発電機

第二臺目電動機の 磁極の位置	発電機一定相間の相差(電氣角度にて)	
	普通の勵磁方向	勵磁方向を逆に したる場合
1	一〇〇度 進	八〇度 遅
2	一〇度 進	一七〇度 遅
3	八〇度 遅	一〇〇度 進
4	一七〇度 遅	一〇度 進

之れを下表の理想的に調整されたる場合と比較し

第二臺目電動機の 磁極の位置 (第一臺目の電動機の 磁極の位置は N_1 とす)	第一臺目発電機 N_1 極と比較したる 第二臺目発電機磁極の位置	
	普通の勵磁方向	勵磁方向を逆に したる場合
N_1	〇度	一八〇度
S_1	九〇度 遅	九〇度 進
N_2	一八〇度	〇度
S_2	九〇度 進	九〇度 遅

第二臺目の電動機の磁極の位置が“2”にある時に、其発電機固定子捲線は電氣角度にて十度進み居るを以て、



第 二 圖
3,333 KVA 周波数変換機 (50-60 サイクル)

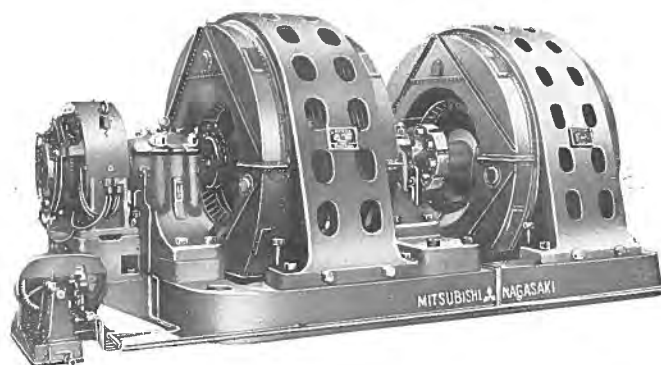
第二臺目の電動機の固定子框を電氣的角度にて十度廻轉方向に移動せば、二臺の變換機は全く同様の関係的位置となるなり。

此の如くにして、各発電機固定子捲線の其磁極に對する關係的位置が調整され且勵磁電流も適當に調整されるれば、二臺の発電機内にはクロスカレントなく、無負荷に於て竝列に運轉し得

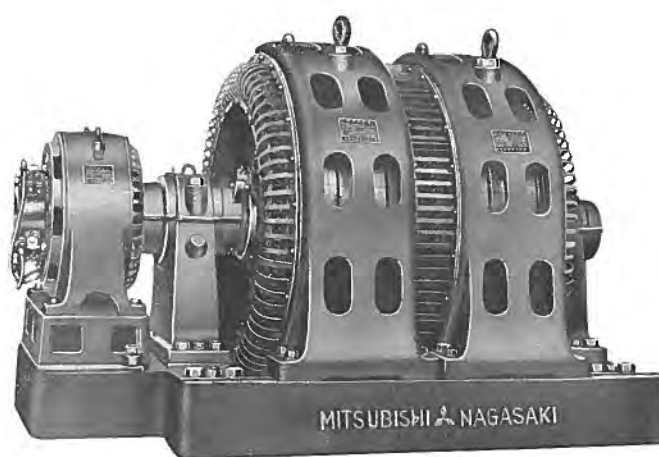
次に負荷を發電機側に加ふれば、此負荷の分配率は各電動機及び發電機の設計上の値、例へばポーラーアークとポールピッチの關係極心(pole center)極端(pole tip)に於ける空隙(air gap)の相違、空隙とポールピッチの關係、磁界の起磁力と固定子捲線の起磁力との關係等及び負荷の量其力率によりて左右され一様ならず一般に同期交流發電機に於

て其負荷を増さば、負荷の量力率及び上記の設計の數値に關係ある其電壓の内部角度(internal phase angle)に相當する電氣角度だけ、其ローターを無負荷の位置より進めざるべからず、又同様にして同期電動機に於てはロートル位置は無負荷の時より遅るゝを以て、上記の如く電動機又は發電機の何れか一方の固定子框を移動し得れば此移動角度によりて各變換機に負荷を其容量に應じて分配するを得るなり。

固定子框は、其變換機的全負荷に相當する角度だけ移動して固定し置けば實用上差支へなしと雖も周波數の變換しバシブルのものに於ては、變換の方向により移動角度相違し、又大容量のものに於ては、負荷を移す場合に多大の電力のハンチングを生ずるを以て、普通後述するが如く他の小電動機により固定子框の移動を



第 三 圖
2,300 KVA 周波數變換機 (50-60サイクル)



第 四 圖
250 KVA 周波數變換機 (60-50サイクル)

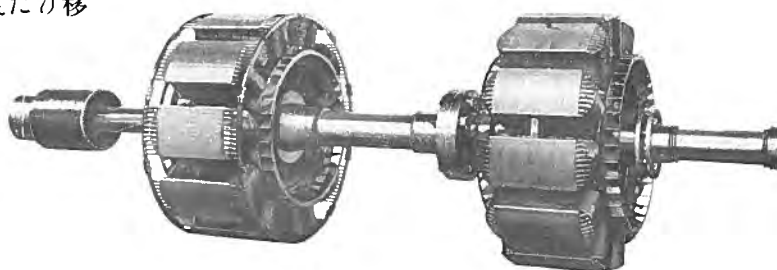
なすを便とす。

6. 構 造

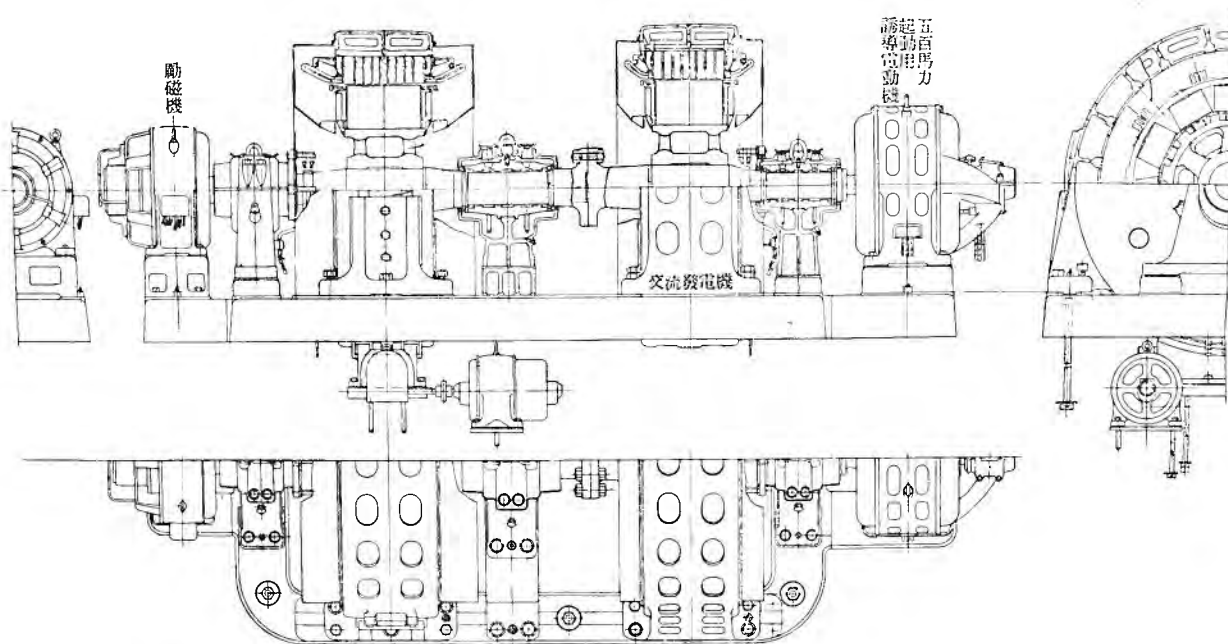
同期周波數變換機は、電動發電機の外に一般に其起動電流を減少せしむる爲めに、軸端の一方に起動用三相捲線廻轉子型誘導電動機を結合し他方には勵磁用直流發電機を直結す。起動用電動機は其同期廻轉を變換機のそれよりも一段速きものを撰び、二次抵抗により其廻轉數を制御し同期電動機を容易に同期化せしむ。起動電流の許容限度比較的大なるものにありては、同期電動機の廻轉子磁極に特種の起動捲線を施し、且各軸受金(bearing metal)の底部に高壓注油ポンプにより

てベヤリングオイルを注入し、軸承部の磨擦從つて起動時のトルクを輕減せしめ、同時に起動單捲變壓器を用ひて起動電流を可及的に低下せしむ。(第三圖の如し)

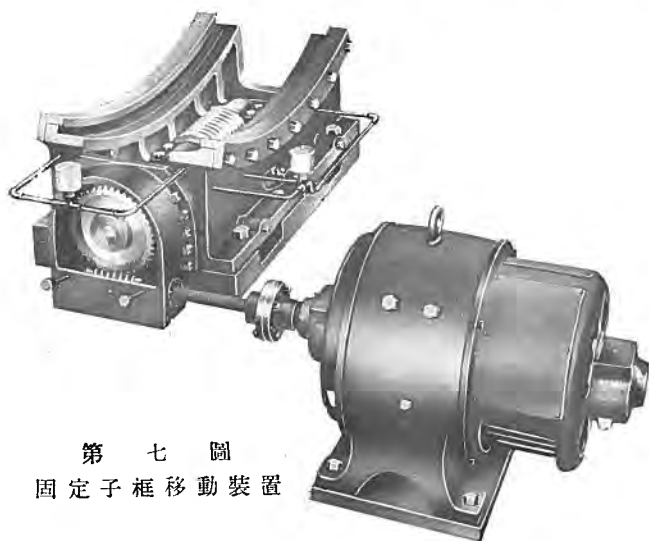
容量小なるものにありては、其床面積を縮少せしむるため、中央部に軸承を置かず、同一軸に發電機電動機の廻轉子を取付け、固定子又は廻轉子の修理に便なる様軸承臺下部の臺床を取外し、主軸方向に固定子を移動し、施工に便ならしむ。(第四圖の如し)



第 五 圖
カップリングを有する廻轉子



第六圖 大型周波数変換機の組立圖



第七圖
固定子框移動装置



第八圖 3,750 KVA 発電機に直結せる 4,250 HP
同期電動機の固定子鉄心



第九圖 3,750 KVA 発電機に直結せる 4,250 HP
11,000 V 電動機の固定子



第十圖
3,750 KVA 発電機の固定子

1,000 K.W. 以上の容量のものは、中央部に軸承を設け二個の廻轉子はカップリングにて聯結し、据付運搬に便ならしむ。(第五圖の如し)

大容量のものにありては、起動を容易ならしむる爲め起動用電動機及び注油高壓ポンプの双方を具備せしむ。固定子框移動用電動機は、制御の點より普通直流電動機を使用し、變換機基礎の下部に設置し(第六圖の如し)其制御は自動起動器にて配電盤に於て支配し、且固定子框に取付けたるリミットスイッチにより所要以上の角度に移動するを防ぐ。電動機の廻轉力は減速ギヤを経て變換機固定子框のウォームホキールに傳ふ(第七圖の如し)

移動裝置を附したる固定子框は、框の外側に凸形の坐を設け、之れを固定子脚に嵌込み、別に框の中央部にウォームホキールを取付けてピニオンと嚙合せ、移相用電動機により何れの方向へも所要角度だけ移動し得るものとす。(第八、第九圖参照)

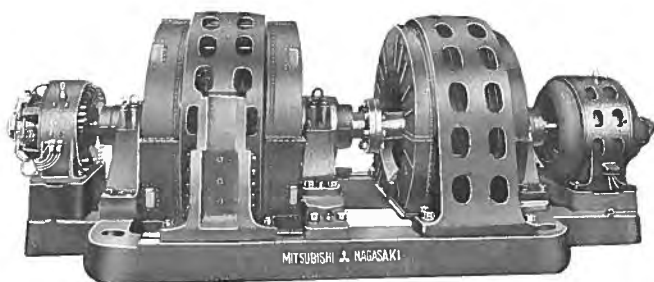
固定子捲線は、發電機に於ては短絡時の瞬間電流に、又自起動同動電動機に於ては起動時の瞬間電流によりて生ずる機械力に對し、充分強固なる様特に堅固なる支持金具により其端曲部及び接續導体を支持す(第十圖参照)

其他の部分の構造の詳細につきては、水車發電機と大差なく、「三菱電機」第一卷第七號第一頁乃至第七頁に楠瀬康雄氏により堅型水車發電機と題して記述され居るを以て、同誌参照せられたし。

7. 3,750 kva レバーシブル

同期周波數變換機の実例

實例として最近試験に好成績を示したる九州水力電氣會社納め 3,750 kva 同期變換機の格定及び保證數値と試験結果とを記す。(其外觀は第十一圖の如し) 本機は 50



第十一圖 3,750 KVA 周波數變換機 (50-60 サイクル)

サイクルより 60 サイクルに又は逆に周波數を變換する目的のために設置されたるものにして、變換機の外、配電盤等全部三菱電機會社製品なり。

電力系統は、50 サイクル側は、九州水力電氣會社 11,000 ヴォルト送電線(變電所よりの送電々路約三哩)と直接接續し、60 サイクル側は、三菱筑豊礦業所新入 3,500 ヴォルト送電線(變電所よりの送電路約半哩)と直接接續す。

本變換機は、起動電動機により起動する型式のものにして、特徴としては、50 又は 60 サイクルの何れよりも起動し得、且各負荷に於て平行運轉を容易になし得る様リモートコントロール式電動移相裝置を附し、尙電動機發電機共其磁極に強力なるダンパー捲線を施し、負荷の急變によりて生ずるハンチングを防止す。

格定は、60 サイクル側は、出力 3,750 kva (連續) 4,750 kva (二時間連續) 力率 80 パーセント 端子電壓 3,500 ヴォルト三相三線無接地開放型にして、50 サイクル側は、4,000 kva 出力 kva (連續) 5,000 kva (二時間連續) 力率 80 パーセント 端子電壓 11,000 ヴォルト三相無接地開放型なり 勵磁機は 60kw 110 ヴォルトにして、一方の軸端に直結し他の軸端には 500HP (一時間格定) 起動用電動機を聯結す 全重量(配電盤を含まず)約 55,000 キログラムにて、床面積最大巾 3 メートル 最大長 7.4 メートル 床面上 2.5 メートル 床面下 1.6 メートルなり。

本機試験の結果其保證値と比較すれば下表の如し。

	六〇サイクル側		五〇サイクル側	
	保證 値	試験結果	保證 値	試験結果
溫度上昇攝氏 (全負荷力率 80% に於て)	45 度	28 度	45 度	42 度
電壓變動率 (力率 80% に於て)	28%	25%	30%	28%

能 率	1/4 負荷	全負荷	3/4 負荷	1/2 負荷
保 證	90.4	90.7	87.3	86
試 験 結 果	91.3	91.3	90.8	89

此表に於て、能率には勵磁機内の全損失、起動用電動機の磨擦及び風損失を、損失として含み、且溫度は攝氏七十五度に換算せしものなり。

本機は九月六日逓信省試験に速時合格したる後、今日迄全負荷にて連續使用しつゝあり。

多 量 生 産 に 就 て (前號つゞき)

神戸製作所工程主任技師

稻 垣 太 吉

前號に述べたる如く特種の設備に依りて生産能力を増進し、同時に精確に出来上るから、確實なる交換性を有せしめ得る事も明瞭である。

曾て大阪府産業部が、多量生産奨励の爲め特種の機械を貸與し、從來の手工業を機械工業に改め、其成績を調査したるものを引用して、其顯著なる成績を紹介して見ると、次表の如くである。

	價格 円	作業方法	人員	所要H.P.	生産高 割 合	工費 割合
瓶 苞 機 械	1250	舊、手工 新、機械	1 1	0 1.5	100 1000	100 40
釦 付 機 械	495	舊、手工 新、機械	1 2	0 1.6	100 400	100 43
ペンキ塗機械	720	舊、手工 新、機械	1 1	0 1.4	100 250	100 48
鐘 詰 機 械	2625	舊、手工 新、機械	4 5	0 3	100 3300	100 28
製 螺 機 械	5000	舊、機械 新、機械	1 1	1/4 1/4	100 125	100 40
貝釦穴明機械	179	舊、手工 新、機械	1 1	0 1/8	100 146	100 78
電動砂篩機械	540	舊、手工 新、機械	2 1	0 1	100 300	100 20

即ち工費の割合は約 $\frac{1}{2}$ 乃至 $\frac{1}{3}$ に低下すると同時に、其生産高は優に數倍乃至數十倍の多きに昇つた事が瞭に示されて居る。

斯くの如く多量生産は製品の原價と時間とを減少して而も優秀なものを製作し得る事は明瞭であるから、製作者は勉めて多量生産の實行に努力して居るのであるが、注文の數量が相當の高に昇らなければ、其實行は期し難いのである。

結 論

翻つて我國機械工業の狀勢を見るに、去る大正十二年五月より十三年四月迄一ケ年間に於ける機械器具の輸入高は約壹億壹千萬圓で、其内譯は次の如く、

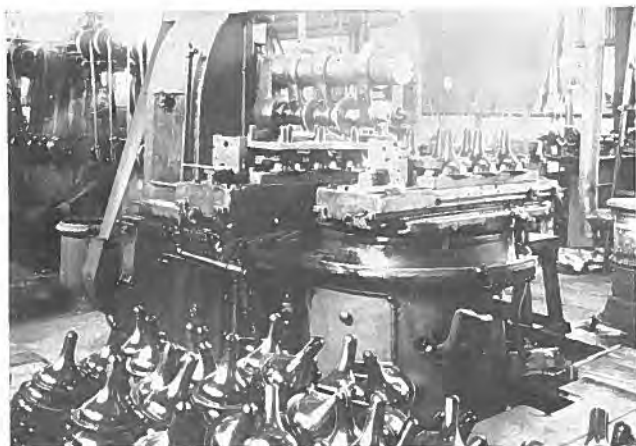
亞米利加合衆國	5700萬圓	獨 逸	300萬圓
英 吉 利	4200萬圓	佛蘭西、其他	200萬圓

であるが、今若し此多額の輸入品が全部内地の製作家に依りて製作される事を想像するならば、如何に我國の工業は賑つたであらうか。

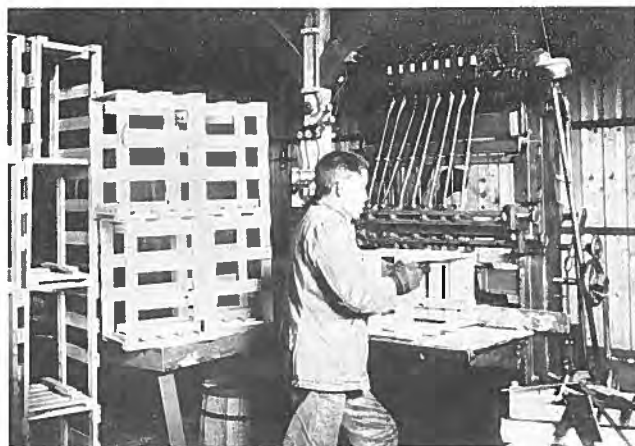
又、電氣機器に就て考へて見るに、次表の如く

	電氣機器及材料 我國製作高	此内發電機及電動機 ノミノ製作高	發電機及電動機 ノミノ輸入高
大正10年	118,046,396圓	27,000,627	9,664,446
同 11年	不 明	不 明	11,947,498
同 12年	82,720,946	15,113,173	不 明

であつて、發電機及電動機の製作高の約3割強の輸入を受けて居る事は、實に残念な事である。故に需要者も成可く外國品に心醉せず、國家的觀念に基き大いに國産を奨励し、我工業界の長所々々を助長し、供給者は此輸入を防止す可く、分業の實を挙げ、製品の單一化を計り多量生産によりて眞の能率を發揮し、合同又は聯絡によりて國家的に不經濟なる勞費を除去し、全國擧つて最大の能率を挙げ、自他共に國家永遠の利益を得る事に努力す可く、大いに覺悟を要する秋に直面し居るのである。



第十圖 扇風機のスタンドの溝を多數同時に加工し、其間片方のテーブルに取付けて加工準備をなし、加工中のものが絶えれば準備せるテーブルを回して加工の位置に持來る



第十一圖 釘打機械により6本の釘一時に打込み得るもの



三菱電機株式會社神戸製作所

三菱機械工業 { 電氣機器 } 三菱電機株式會社 { 東京本店 神戶製作所 名古屋製作所 長崎製作所 }
 { 原働機 鐵管鐵塔 } 三菱造船株式會社 { 東京本店 長崎造船所 神戶造船所 }
 { 內燃機關 } 三菱內燃機株式會社 { 東京本店 名古屋製作所 神戶製作所 }

三菱商事株式會社 { 本店 東京 支店 橫濱・名古屋・大阪・神戸・門司 出張所 吳・佐世保・大連 }

大正十四年十一月廿五日印 刷
 大正十四年十一月廿七日內務省納本
 大正十四年十一月三十日發 行

本誌	壹部=付金貳拾錢
代價	郵稅不要

編輯兼
發行者

印刷者

印刷所

發行所

神戸市熊野町四丁目六十九番屋敷
 三木忠彦
 大阪市東區內久寶寺町三丁目
 工文社
 長谷川泰三
 大阪市東區內久寶寺町三丁目
 工文社
 神戸市和田崎町三丁目
 三菱電機株式會社
 神戸製作所