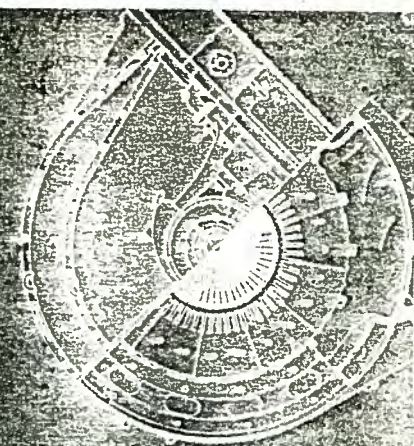
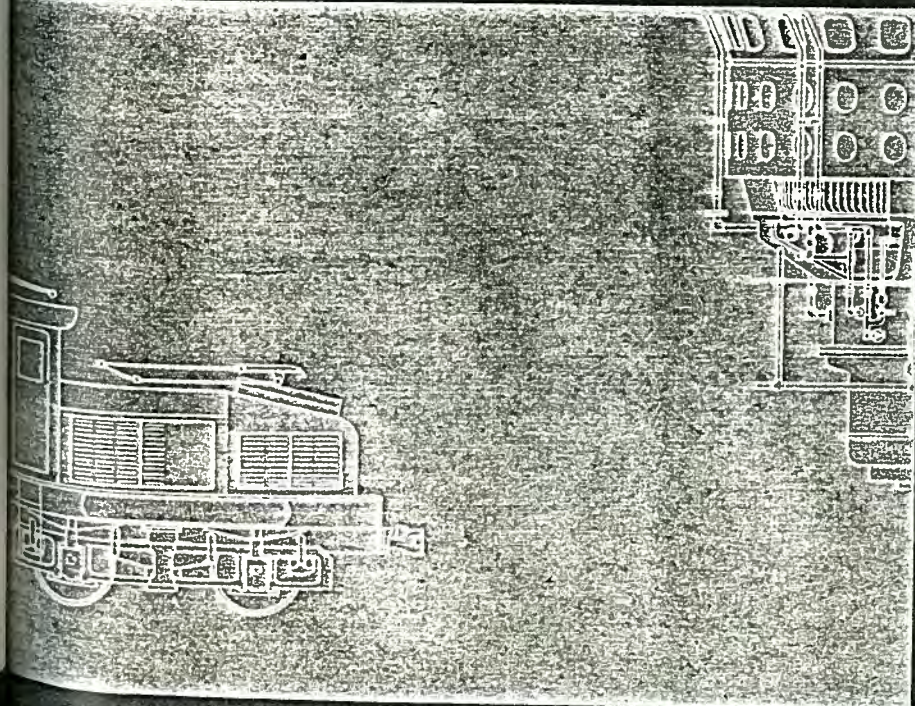
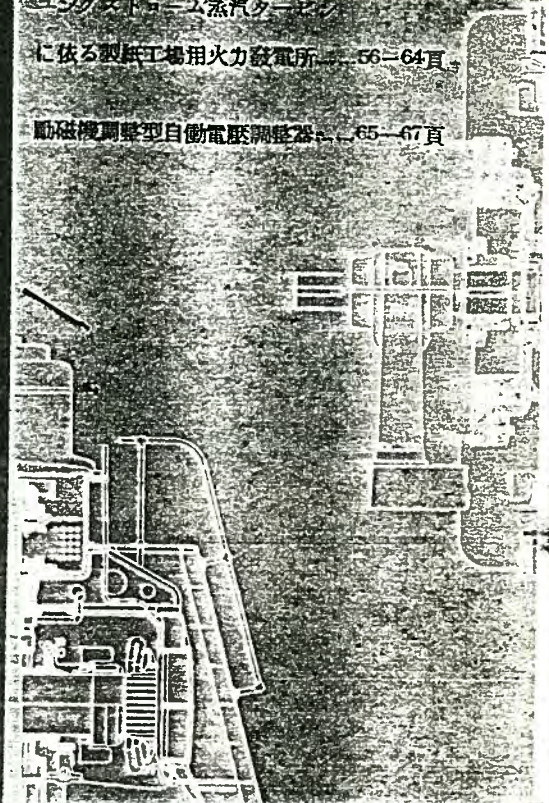


三菱電機



ロングストローク蒸気タービン
に依る製紙工場用火力発電所... 56—64頁
勵磁機調整型自動電壓調整器... 65—67頁



第七卷 第四號

昭和六年四月

三菱電機

第七卷

昭和六年四月

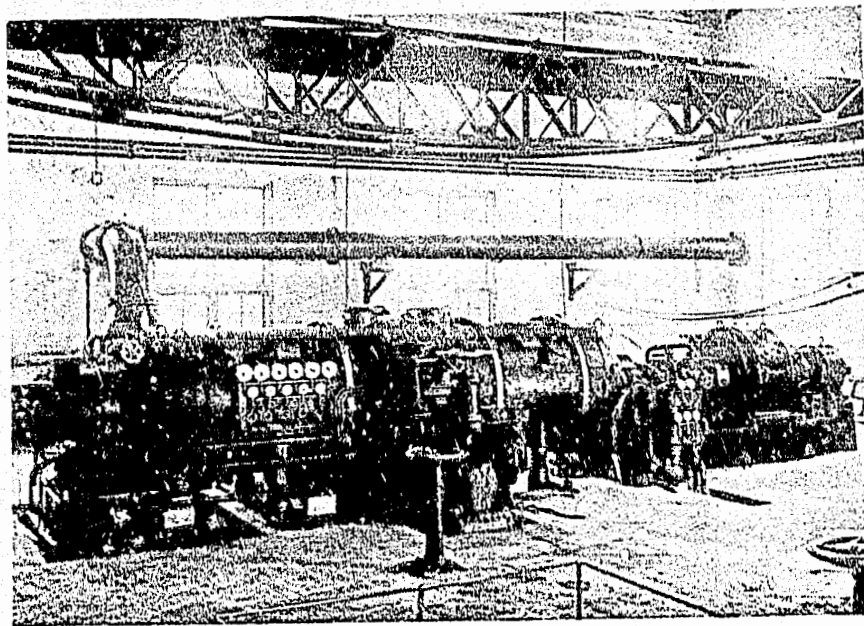
第四號

弊社及び三菱造船會社共同製作に成る三菱ユングストローム・タービン發電機が世に出てから七年の年月を經過致しました。臺數にして71臺、容量 276,150 KW のものが北は南滿洲及び樺太から南は臺灣に到るまで濫く御採用の榮を賜つて居る次第であります。本誌に發表しました王子製紙會社野田工場納入の一基は從來のものさ著しくその趣きを異にして居りまして、背壓タービンであると同時に交流發電機の方に直流發電機を直結し、之が発生した直流電源によつて精密な速度調整を必要とする電動機を運轉するものであります。本機が實際運轉上良好な成績を納め得たことは、電力と共に多量の低壓蒸汽を必要とする製紙、セメント、人絹等の工場の年來の御要求を満し得たものであると信じて深く喜んで居る次第であります。

◇ ◇ ◇

送電系統の擴大につれて從來發電機、進相機に設備されて居つた自働電壓調整器では大きな短絡事故に遭遇した場合には役に立たず、屢々同期機の亂調を起す事實から勵磁機電壓調整型自働電壓調整器が考案せられたのでありますが、本誌には此の調整設備を有せられる廣島電氣會社の松田久氏に特に乞ふて之に關する一文を頂戴し、之を掲載致しました。

◇ ◇ ◇



ユングストローム蒸汽タービンに依る 製紙工場用火力発電所

交流機設計係 古 丸 藤 太

序 言

近來製紙、セメント、人絹等の各工場に於て、電力と共に多量の低圧蒸汽を要求され、且つ其の製産工程に精密な速度調整を必要とする電動機を要求される事が多い。斯様な工場に對してはユングストローム蒸汽タービンを背壓タービンとすると同時に、交流發電機的一方に直流發電機を直結した特殊設計に依つてユングストローム蒸汽タービンの長所を發揮して完全に是等の要求を満す事が出来る。其の代表的一例として弊社が王子製紙會社の御註文に依り設計した背壓式ユングストローム蒸汽タービン及び交流直流混用抽出發電機に就て述べる事とする。

一般製造工場で交流及び直流電力を併用する必要が起つた場合には、原動

機から交流及び直流電力を同時に抽出する種々の方法が考へられる。原動機の優劣比較は別問題として、茲にはユングストローム蒸汽タービンを使用した場合弊社の計畫した一例に就いて述べることにする。

ユングストローム蒸汽タービンから交流及び直流電力を同時に抽出する計畫

此の計畫に關して次の様な方法が考へられる。

イ、均齊な二個の雙電流發電機を使用する方法 (Double Current Generator)

ロ、均齊な二個の交流發電機的一方に直流發電機を直結する方法

ハ、廻轉變流機を使用する方法

ニ、電動發電機を使用する方法

以上四つの方法に就て、發電所計畫に於て普通考慮される諸種の問題を参照して其の優劣の順位を擧げて見るに、

	イ	ロ	ハ	ニ
合成能率	1	2	3	4
床面積	1	3	2	4
價格	1	2	3	4

合成能率の點ではイ、ハ、ニ、はどれも均齊な負荷が課せられてイ、ハ、ニ、の順位になる。ロは不均齊な負荷が課せられるために交流發電機の能率は少々低下するが、直流發電機を一方に直結するので其の間に損失がない。假りに其の間に減速齒車を裝置しても直流發電機の能率が上るの、減速裝置の能率が廻轉變流機や電動發電機と異り總ての負荷を通じて一樣で、而も其値が高いから上記の様な結果になるのである。

床面積では上記の様な順位になる。但しロは直流發電機が減速裝置によつて交流發電機と連つて居る場合であつて、若し兩者の間に減速裝置がなく直結であればロとハの順位は逆になる。發電所の基礎費用は機械の床面積に關係するから全体の建設費の順位も他の條件が同一であれば大体上記の順位に依る事になる。

價格の順位は機械の重量から見た理論的のものであつて實狀は必ずしも斯様な關係にはならない。

以上の様な關係で全体としてイの方法が最も優れたものになるが、機械的振動、機械的強度の安全率といふ諸點に至大なる難點がある。夫はイの方法であること必ず廻轉電機子型を採用する事になり、3,000 回轉か、3,600 回轉かの高速度電機では機械的強度の

安全率を充分採り得ぬことになる。一方整流子を要する關係で軸承間の距離が大きくなつて、機械的振動の見地から見ても好ましい結果にならない。以上の様な關係で強いてⅠの方法を採用すれば非常に特殊な設計になつて全然標準の機器の使用が出来なくなり、價格も實際にはロよりも却つて高價になる。加之ワード・レオナード式速度調整の直流電動發電機を要する場合の様に直流發電機の端子電壓を非常に廣い範圍に亘つて精密な速度調整を行はなければならない場合にはⅠの方法は採用困難である。同様な理由でハなる廻轉變流機を使用する方法も電壓並に速度調整の點で採用出来ぬ事になる。残るのはロ及びニの方法であるが、其内でロの方がニより勝れて居るから、上記の様なワード・レオナード式速度調整を要する場合にはロなる方法を採用するのが一番妥當な事になる。但し單に定電壓の直流電力を要する場合ではハなる廻轉變流機を利用する方法で宜敷い事になる。

以上の様な理由によつてユングストローム蒸氣タービンから交流及直流電力を同時抽出する場合に特に直流電力にワード・レオナード式速度調整を要する計畫に對して弊社ではロなる方法を採用し、2個の均齊な交流發電機的一方に、減速齒車を通じて直流發電機を直結した。以下之に就て記述する事とする。

交流發電機の特性

ユングストローム蒸氣タービンから交流及び直流電力を同時に抽出するために2個の均齊な交流發電機的一方に直流發電機を直結した方式に於て、發電機の負荷特性を詳細に考へるに先立ち、一般的に交流直流電力ミタービン

出力ミの間の關係を簡單に考へて見る

P'_1 = 直流發電機側タービン廻轉子の出力

P'_2 = 反對側タービン廻轉子の出力

P_1 = 直流發電機側交流發電機の出力

P_2 = 反對側交流發電機の出力

P_d = 直流發電機の出力

(發電機の損失は除外する)

$$P'_1 = P_1 + P_d \quad P'_2 = P_2$$

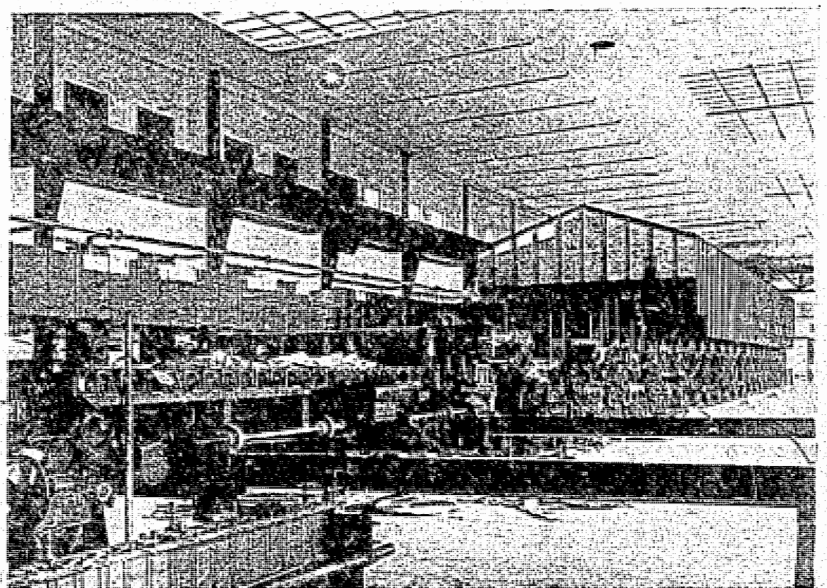
大略 P_1 P_2 は等しいから

$$P_1 + P_d = P_2 \quad \frac{P_1}{P_2} = 1 - \frac{P_d}{P_2}$$

母線電壓に對して兩側發電機の内部電壓が夫々 P_1 、 P_2 の出力を與へる様に相差を作り、 W_d は直接タービン軸から機械的に與へられる。兩側發電機の内部力率並に電流の値も相も異つて來て所謂兩側發電機間に横流が存在することになるが、然し之は全然假想的の電流で、其のために莫大な銅損を生ずる様に考へるのは誤謬であつて、其間の消息は出力の異つた原動機に直結された2個の發電機の並列運轉と同一である。單に兩側發電機の銅損が不均を來すために母線に於ける能率が均

齊な負荷を、兩側發電機が分擔した時より僅少の低下を見るだけである。 W_d の最大値に對して W_1 、 W_2 の値が大きくなる程不平衡率が小になり、 $\frac{W_d}{W_2}$ が25%位のものでは全負荷附近では殆ど能率の低下がない。 W_1 、 W_2 の値が小さくなるのに從て不平衡率が大きくなつて、内部力率及び電流の差異が大きくなるが、決して同期を外れる事はない。 W_1 及び W_2 が零の時、即ち交流負荷がなくなり直流負荷のみとなつた時は兩側發電機の相差は大略180度になり、電流は同一値になる。

直流發電機側交流發電機は反對側發電機に對して同期電動機になる。直流發電機と反對側のタービン軸の出力は發電機電動機關係によつて電氣的に直流發電機側のタービン軸に傳へられ、直流發電機側のタービン軸の出力は直接機械的に傳へられ、此の二つの出力が累加して直流發電機に與へられる。兩側發電機は全然同期で運轉するから兩側タービン廻轉子も依然同一であつて兩側に與へられる出力も略平均し、ユングストローム式の妙味は依然とし



第 1 圖 弊社製 300 馬力電動機に直結された抄紙機の各種

て存在するのである。

負荷の不平衡に関する問題を實例に就て少し詳細に記して見るこ、

直流機側交流発電機

1,000 KW

PF=74% 1,350 KVA

3,300 V 240 A 50~

3,000 RPM

直流機反対側交流発電機

1,250 KW

P₁=前掲の通り

P₂=前掲の通り

E₁=直流機側発電機内部電圧

E₂=反対側発電機内部電圧

I₁=直流機側発電機の毎相電流

I₂=反対側発電機の毎相電流

cos φ₁=直流機側発電機の母線電圧に対する力率

cos φ₂=反対側発電機の母線電圧に対する力率

φ₁=直流機側発電機の E₁ と母線の E との相角

φ₂=反対側発電機の E₁ と母線の E との相角

Q₁=直流機側発電機の無効電力

Q₂=反対側発電機の無効電力

M'₁=直流機側発電機内部電圧に相當する起磁力

M'₂=反対側発電機内部電圧に相當する起磁力

であるから、直流発電機を使用せぬ時の交流発電機全出力は

2,500 KW PF=84%

520 A 50~ 3,000 RPM

次に此の計算に要する発電機の恒数は、兩側発電機に於て同一であつて、次の様な數値を有して居る。

X=0.946 ohm 毎相毎發電子

M₀=35.9X(發電子電流)毎發電子無負荷飽和曲線

$$E = \frac{I_f}{0.078 + 0.00165 I_f} \text{ 又は}$$

$$M = 182 \frac{0.078 E}{1 - 0.00165 E} = \frac{14.2 E}{1 - 0.00165 E}$$

E=端子電圧 I_f=界磁電流

本問題を形成する諸因子は次の通りである。

2P₀=交流母線に於ける全出力

E=交流母線に於ける電圧

2I₀=交流母線に於ける全電流

cos φ₀=交流母線に於ける力率

2Q₀=交流母線に於ける全無効電力

PF=84% 1,490 KVA

3,300 V 260 A 50~

3,000 RPM

母線に於ける交流出力

2,250 KW

PF=80% 2,810 KVA

3,300 V 490 A 50~

直流発電機

250 KW 440 V 568 A

1,000 RPM

減速齒車齒數比 1:3

蒸氣タービン

主瓣に於ける蒸氣壓 9 呎毎平方呎

主瓣に於ける蒸氣温度 250 度 C

速度 3,000 回轉毎分

正規逸出蒸氣量 13.600 呎毎時

同上蒸氣壓 1.41 呎毎平方呎

正規蒸氣逸出状態に於ける

最大出力 2,500 KW

兩側交流発電機は同一のものを使用

M₀₋₁=直流機側発電機の發電子反作用に相當する起磁力
=35.9 I₁

M_{2'}=反対側発電機の發電子反作用に相當する起磁力=35.9 I₂

M=直流機側発電機の總起磁力

M₂=反対側発電機の總起磁力

直流発電機負荷 タービン出力

P'₁ P'₂ 從て P₁ P₂

母線に於ける E cos φ₀、2I₀、2Q₀ が與へられた場合に、I₁、I₂、cos φ₁ cos φ₂ 又は Q₁ Q₂ を定めるに發電機側の特性が全部定まる。但し兩側發電機が同一に設計されて居り、二つの界磁線輪が直列であるから M₁=M₂=M と云ふ條件は恒に成立する。

諸因子の間には次の様な關係が成立する。(第 2 圖参照)

$$\tan \phi_1 = \frac{I_1 \times \cos \phi_1}{E + I_1 \times \sin \phi_1} = \frac{XP_1}{E^2 + XQ_1}$$

$$\sin \phi_1 = \frac{XP_1}{\sqrt{(E^2 + XQ_1)^2 + (XP_1)^2}}$$

$$\cos \phi_1 = \frac{E^2 + XQ_1}{\sqrt{(E^2 + XQ_1)^2 + (XP_1)^2}}$$

$$\tan \phi_2 = \frac{I_2 \times \cos \phi_2}{E + I_2 \times \sin \phi_2} = \frac{XP_2}{E^2 + XQ_2}$$

$$\sin \phi_2 = \frac{XP_2}{\sqrt{(E^2 + XQ_2)^2 + (XP_2)^2}}$$

$$\cos \phi_2 = \frac{E^2 + XQ_2}{\sqrt{(E^2 + XQ_2)^2 + (XP_2)^2}} \dots\dots\dots (1)$$

$$E_1 = \sqrt{(E + I_1 \times \sin \phi_1)^2 + (I_1 \times \cos \phi_1)^2} = \sqrt{(E + \frac{XQ_1}{E})^2 + (\frac{XP_1}{E})^2}$$

$$E_2 = \sqrt{(E + I_2 \times \sin \phi_2)^2 + (I_2 \times \cos \phi_2)^2} = \sqrt{(E + \frac{XQ_2}{E})^2 + (\frac{XP_2}{E})^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$M'_1 = \frac{14.2 \sqrt{(E + \frac{XQ_1}{E})^2 + (\frac{XP_1}{E})^2}}{1 - 0.00165 \sqrt{(E + \frac{XQ_1}{E})^2 + (\frac{XP_1}{E})^2}} = \frac{14.2 \sqrt{(E^2 + XQ_1)^2 + (XP_1)^2}}{E - 0.00165 \sqrt{(E^2 + XQ_1)^2 + (XP_1)^2}}$$

$$M'_2 = \frac{14.2 \sqrt{(E + \frac{XQ_2}{E})^2 + (\frac{XP_2}{E})^2}}{1 - 0.00165 \sqrt{(E + \frac{XQ_2}{E})^2 + (\frac{XP_2}{E})^2}} = \frac{14.2 \sqrt{(E^2 + XQ_2)^2 + (XP_2)^2}}{E - 0.00165 \sqrt{(E^2 + XQ_2)^2 + (XP_2)^2}} \dots\dots\dots (3)$$

$$M_{0-1} = 35.9 I_1 = 35.9 \frac{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}}{E}$$

$$M_{0-2} = 35.9 I_2 = 35.9 \frac{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}}{E} \dots\dots\dots (4)$$

$$M_1 = \sqrt{(M'_1 \cos \varphi_1 + M_{0-1} \sin \varphi_1)^2 + (M'_1 \sin \varphi_1 + M_{0-1} \cos \varphi_1)^2}$$

$$= \left\{ \frac{14.2 (E^2 + XP_1)}{E - 0.00165 \sqrt{(E^2 + XQ_1)^2 + (XP_1)^2} + 35.9 \frac{P_1}{E}} \right. \\ \left. + \left\{ \frac{14.2 XP_1}{E - 0.00165 \sqrt{(E^2 + XQ_1)^2 + (XP_1)^2} + 35.9 \frac{Q_1}{E}} \right\}^2 \right\}^{1/2}$$

$$M_2 = \sqrt{(M'_2 \cos \varphi_2 + M_{0-2} \sin \varphi_2)^2 + (M'_2 \sin \varphi_2 + M_{0-2} \cos \varphi_2)^2}$$

$$= \left\{ \frac{14.2 (E^2 + XP_2)}{E - 0.00165 \sqrt{(E^2 + XQ_2)^2 + (XP_2)^2} + 35.9 \frac{P_2}{E}} \right. \\ \left. + \left\{ \frac{14.2 (E^2 + XP_2)}{E - 0.00165 \sqrt{(E^2 + XQ_2)^2 + (XP_2)^2} + 35.9 \frac{Q_2}{E}} \right\}^2 \right\}^{1/2}$$

.....(5)

$$M_1 = M_2 = M$$

$$\left\{ \frac{14.2 (E^2 + XP_1)}{E - 0.00165 \sqrt{(E^2 + XQ_1)^2 + (XP_1)^2} + 35.9 \frac{P_1}{E}} \right. \\ \left. + \left\{ \frac{14.2 XP_1}{E - 0.00165 \sqrt{(E^2 + XQ_1)^2 + (XP_1)^2} + 35.9 \frac{Q_1}{E}} \right\}^2 \right. \\ = \left\{ \frac{14.2 (E^2 + XP_2)}{E - 0.00165 \sqrt{(E^2 + XQ_2)^2 + (XP_2)^2} + 35.9 \frac{P_2}{E}} \right. \\ \left. + \left\{ \frac{14.2 XP_2}{E - 0.00165 \sqrt{(E^2 + XQ_2)^2 + (XP_2)^2} + 35.9 \frac{Q_2}{E}} \right\}^2 \right. \\ \text{.....(6)}$$

$$Q_1 + Q_2 = 2Q_0 = E^2 I_0 \sin \varphi \quad \text{.....(7)}$$

(6) (7) から Q_1

Q_2 が求めら、従て l_1

$l_2 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 M$

が定まつて全特性が定

まる。然し (6) は少

し煩雑に過ぎるから些

少の省略を許し幾何學

的作圖法で簡単に全特

性を求める方法を挙げ

る。(第2圖参照)

先づ出力スケールに $P_1 = 1,000 \text{ KW}$

$P_2 = 1,250 \text{ KW}$ 、従て $2P_0 = 2,250$

KW を採り、 $OX_0 = P_0$ $OY_0 = P_1$ OZ_0

$= P_2$ とし、 $\cos \varphi_0 = 0.8$ とし CO

をひき、其の長さを $OC = 20C_0 =$

490 a にまつて C_0 、 C を定め、又 C_0

$X_0 \parallel ZZ_0 \parallel YY_0$ にまつて $l_1 = OA$ 、 l_2

$= OB$ とすれば A は $Y_0 Y$ 上に、 B は

$Z_0 Z$ 上に恒に存在する。又 OA 、 OB

の合成が OC になるためには AC_0B は

恒に一直線にあることになる。然し單

に此の二条件のみでは無数の解があつ

て l_1 、 l_2 は不定であるが、更に兩側

發電機が同一設計で、廻轉子が直列結

線であるために $M_1 = M_2 = M$ と云ふ條

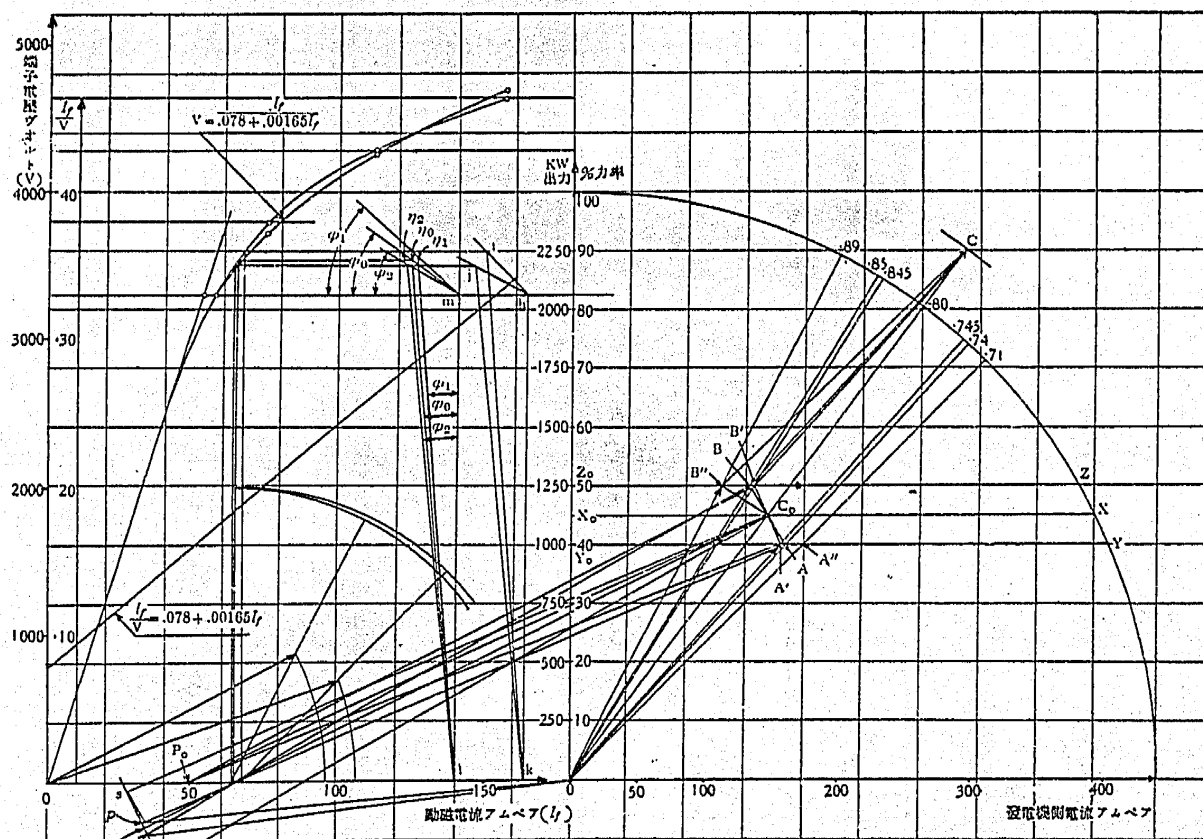
件が與へられ、之に依つて l_1 、 l_2 が

決定される。簡単にするため發電機内

部リアクタンスを除外して考へて見る

こ、出力軸に直角の軸上に OP_0 をと

り、 $OP_0 = 57 \times \frac{182}{35.9} = 289^\circ$ 即ち無負



第2圖 交流直流混用抽出エンジン・タービン直結發電機特性の定め方

荷正規電圧の起磁力を固定子側電流に換算する。次に $C_0 P_0$ を結び、 $A'C_0$ 、 $B'1/C_0P_0$ として Y_0Y 及び ZZ_0 を A' 及び B' に交らして P_0A' 及び P_0B' を結び、 $P_0A' = P_0B'$ になり、兩側發電機の總起磁力に相當する。勵磁電流に換算するに $495 \times \frac{35.9}{182} = 98a$ に相當し、 $I_1 = 232 \cos \varphi_1 = 0.74$ $I_2 = 258a \cos \varphi_2 = 0.845$ 従て總ての特性が定まる。

次に發電機リアクタンス X を考へに入れて I_1 、 I_2 を定める。先づ(1)に於て $I_1 \times \sin \varphi_1$ 、 $I_2 \times \sin \varphi_2$ を E に比べて少いから之を閉却するに $\tan \varphi_1 = \frac{XP_1}{E^2}$ 、 $\tan \varphi_2 = \frac{XP_2}{E^2}$ で φ_1 、 φ_2 を定めることが出来る。次に $I_0 \cos \varphi_0$ に対して内部電壓 (V_0) を定める。 I_1 、 $\cos \varphi_1$ 、 I_2 、 $\cos \varphi_2$ が定まつたものとして内部電壓を (V_1) 、 (V_2) とし、 $(V_1 = V_2 = V_0)$ にする。 $\angle P_0OP = \varphi_1 = 5^\circ - 15^\circ$ 、 $\angle P_0O\phi = \varphi_2 = 6^\circ - 30^\circ$ とし $OP = O\phi = (V_0)$ に對する起磁力に相當する固定子電流は $326a$ 、 P 、の中點 r を C_0 と結び Srt 、 rC_0 とし、 P 及び r より直角距離を X_0Y_0 、 X_0Z_0 に等しくなる様に X_0Y_0 、 X_0Z_0 に平行線を作り Sr と夫々 S 、 t に交はるやう

にする。次に C_0 を通して C_0A 、 PS 、 $C_0B = rt$ とすれば AC_0B は一直線上にくる。 P 、 A 、 r 、 B を結び時は $PA = SC_0 = tC_0 = rB$ となり、全起磁力に相當する。之を勵磁電流に換算するに

$$520 \times \frac{35.9}{182} = 103a$$

$OA OB$ を結び I_1

I_2 、 $\cos \varphi_1$ 、 $\cos \varphi_2$ が定まる。即ち

$$I_1 = 239 \quad \cos \varphi_1 = 0.74$$

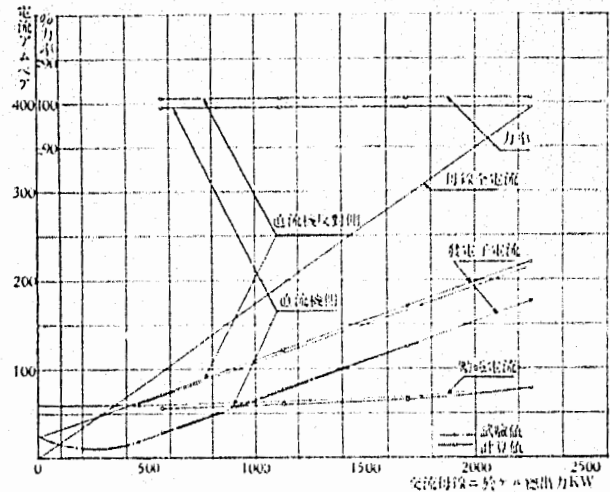
$$I_2 = 257.5 \quad \cos \varphi_2 = 0.85$$

次に I_1 、 I_2 を同一價にするために直流機反對側發電機界磁の分路電流を求めるには $OA'' = OC_0 = OB'' = 245a$ とするに、 $\cos \varphi_1 = 0.71$ $\cos \varphi_2 = 0.89$ となつて I_1 、 I_2 が定まる。 I_1 、 I_2 に對して内部電壓 k_i 、 k_j を求め、之に對する起磁力を、 I_1 、 I_2 に對する反作用の起磁力を合成して總起磁力を求めるに、

$$M_1 = 182 \times 106.5a$$

$$M_2 = 182 \times 96a$$

交流母線力率 100% 直流負荷 250 KW 一定



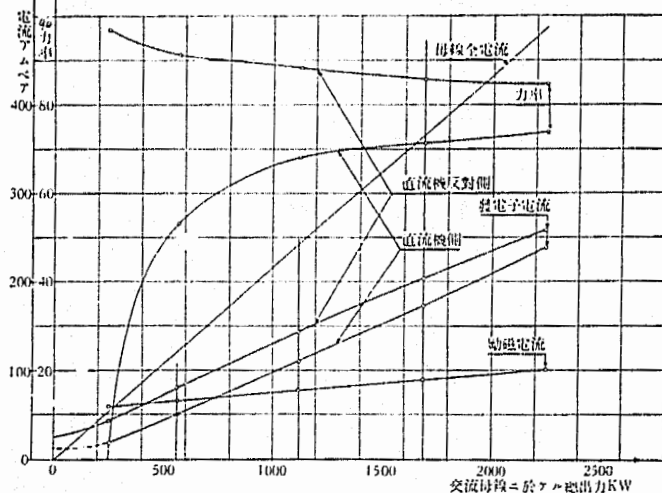
第4圖 交直混用ユングストローム・ターボ發電機特性 (其二)

$$\text{分路電流} = 106.5a - 96a = 10.5a$$

第3圖、第4圖は母線力率を 80% 及び 100%、直流電力 250 KW 一定とし、前述の方法で I_1 、 I_2 、 $\cos \varphi_1$ 、 $\cos \varphi_2$ 及び I を求め、交流全出力に對して曲線を作つて見たものである。第3圖で、 I の測定値と計算値との間きは、無負荷飽和曲線の實側が設計より少し下つたので、負荷に水抵抗を利用した爲めに $\cos \varphi_0$ が完全に 100% にならなかつた爲めである。

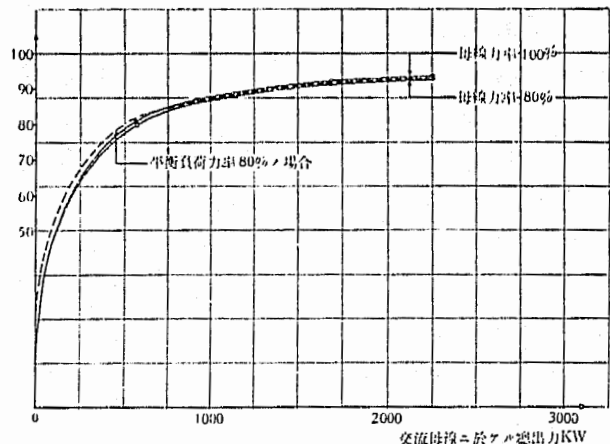
交流發電機の能率は前記の方法で I_1 、 $\cos \varphi_1$ 、 I_2 、 $\cos \varphi_2$ 、 M が定まるに、之から算定することが出来る。第5圖は直流負荷 250 KW とした時に交流電

交流母線力率 80% 直流負荷 250 KW 一定



第3圖 交直混用ユングストローム・ターボ發電機特性 (其一)

直流負荷 250 KW 一定



第5圖 交直混用ユングストローム・ターボ發電機能率曲線

力に關する能率を母線に於ける交流の總出力に對して求めたものである。輕負荷に於ては兩側發電機の銅損の増加の影響で2乃至3%の低下を生じるから、50% 負荷以上の點では殆んど能率の低下は認められない。

此の方法ではタービンの出力全部を直流電力に変換することも出来るが、其の一半は直接タービン軸から與へられ、他の一半は同期發電機及び電動機を通るから能率の低下は免れられない。然し $\frac{P_d}{P_g} = 0.5$ 位まではさのみ交流電力側の能率の低下を見ることなしに利用することが出来る。

動搖に關する過渡現象

此の方式ではタービン廻轉子2個、交流發電機2個、減速齒車1組、直流發電機廻轉子1個が可撓的に直接されて居るから全体に亘る動搖は相當複雑になるが、オシログラムに現はれたものに就て之を説明することとする。

No. 1670-5-1 は交流負荷零の時に 250KW の直流負荷を急に課した場合で、二つの交流發電機は其の間の横流に對して發電機及び電動機の相差を作つて動搖する。それが横流に現はれて居て其の最大値が 40 a から 20 a に變化して居る。

No. 1675-5-1 は直流負荷を 250KW として、更に交流負荷 1,250 KW を急に課した時の動搖を示し No. 1676-5-1 は最初交流負荷 1,250 KW を課し、625 KW 宛兩側發電機が分擔して居る所へ、急に 250 KW の直流負荷を課した時に兩側タービン軸が夫々 750 KW を分擔するとして交流發電機負荷が夫々 750 KW、500 KW に落付く迄の動搖を示して居る。何れも過渡時は 30 ~ 乃至 50 ~ (50 ~ 測時波) 連續して落着して

居ることを示す。

背壓式ユングストローム 蒸氣タービン

本計畫に採用したユングストローム蒸氣タービンの特徴は前にも述べた通り背壓式に設計された點であるが、特に 250 KW の直流發電機を直結せしめるためにタービン發電機並にコンデンサーの全体の組立機構を改良、設計した點にある。

第9圖は此のタービン發電機の組立圖であつてタービン側の仕様運轉條件を示す次の通りである。

塞止瓣前に於ける蒸氣壓力

.....9 匠 / 每平方匠

塞止瓣前に於ける蒸氣溫度

..... 250°C

廻 轉 數..... 3,000 回轉毎分

常規抽出蒸氣量.....13,600 匠 / 時

抽出蒸氣壓力.....1.41 匠 / 每平方匠

常規抽出量の時の最大出力

.....2,500KW

真空率(最大出力、常規抽出の時)

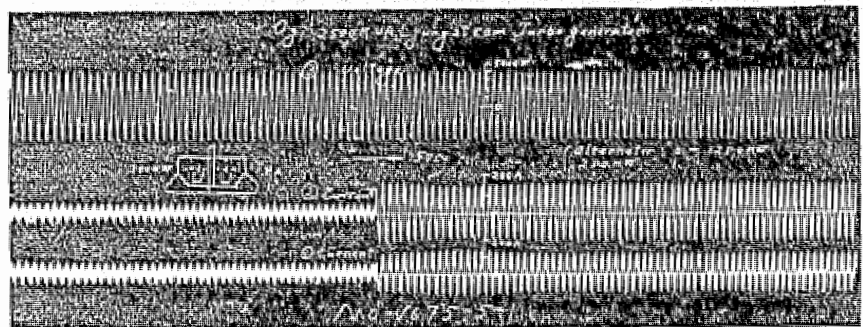
..... 96%

無抽出運轉の時の最大出力

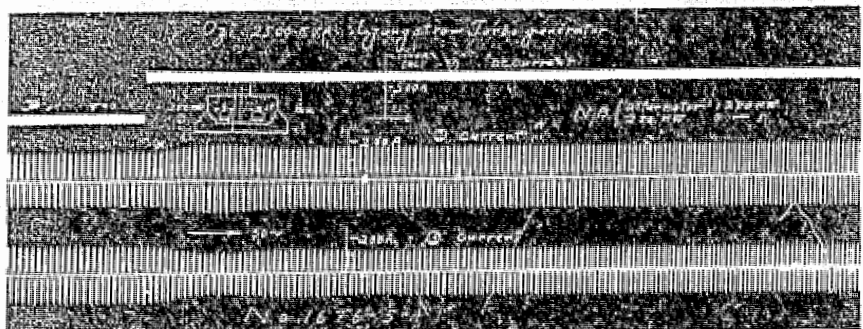
.....1,500KW

真空率(無抽出運轉の時)

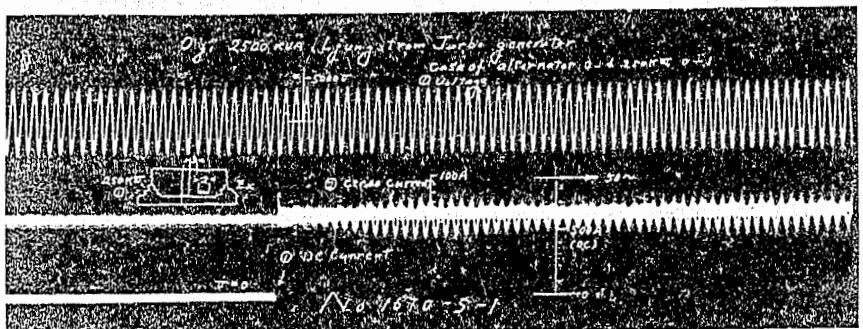
..... 95.8%



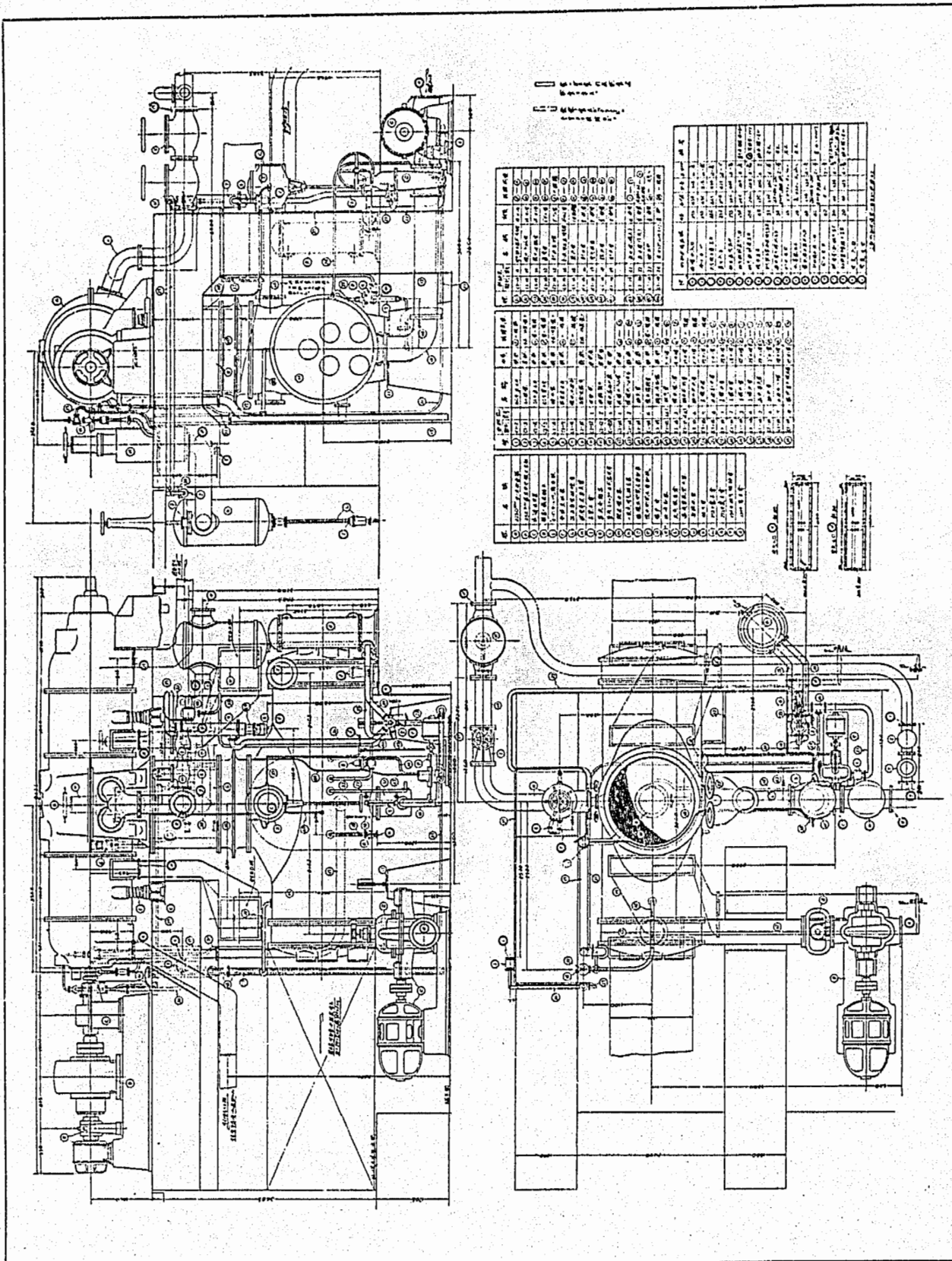
第 6 圖 動搖に關する過渡現象のオシログラム (No. 1675-5-1)



第 7 圖 同 上 (No. 1676-5-1)



第 8 圖 同 上 (No. 1670-5-1)



第 9 図 2,500 KW 三菱エンジン・ルーム・ターボ発電機復水装置組立図

即ち此のタービンの普通型タービンと異なるところは或る段落より蒸汽の一部を抽出し他の用途に供する點にあつて、負荷並に抽出蒸汽量の變化に對して、抽出蒸汽壓力は常に一定に保たるべきものである。

本機は上の仕様條件で明な様に最大出力 2,500 KW で、此時の抽出蒸汽量は 13,600 匁/時、抽出蒸汽壓力は 1.41 匁/平方匁である。若し此のタービンを無抽汽運轉、即ち普通型タービンの様な状態で運轉する時は、其の時の最大出力が 1,500 KW となる様に設計せられたものである。

左右交流發電機の外に出力 250KW の直流發電機を有して居るから、一方の發電機軸を延長しフレキシブル・カ

ップリングを通じて齒車減速裝置に結び、タービンの廻轉數 3,000 回轉毎分を 1,000 回轉毎分に減速し、リジッド・カップリングを経て直流發電機を廻轉する様にしてある。

減速裝置にはシングル・ヘリカルギヤを用ひ、齒車室内に納められ、強壓注油を施す様になつて居る。油は減速裝置と反對側にある油槽内の齒車油唧筒 J から供給せられ、タービン側軸承其他と共通の管系に屬して居る。

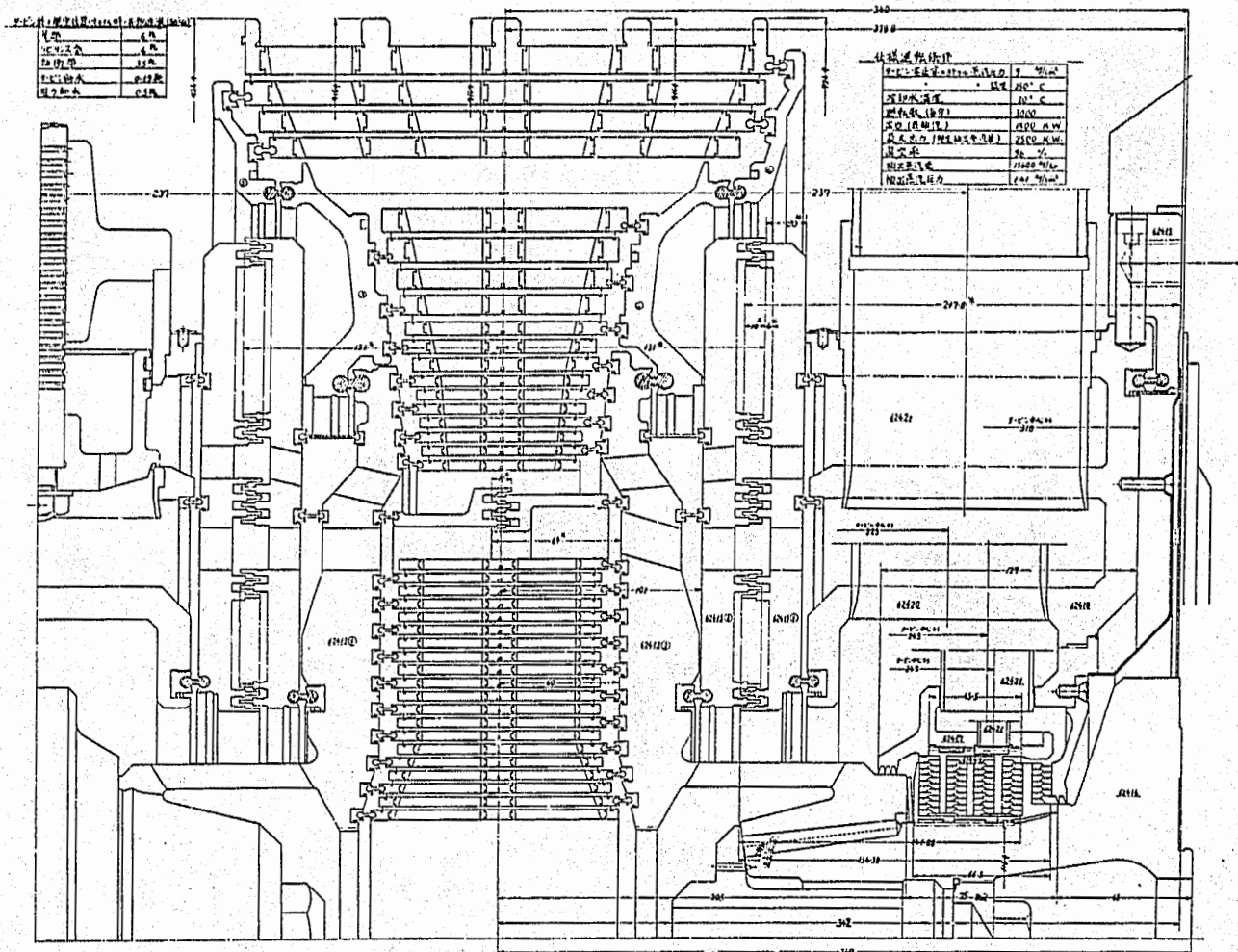
通常ユングストローム・ターボ發電機は獨立した基礎を有せず、復水器上に直接設置せられるものであるが、此のターボ發電機では直流發電機を併有して居るため此の方法に依る事が出来ず第 9 圖に示す様に復水器上にター

ビン並に發電機の重量のかゝらぬ様、別に獨立した臺座を設け、特に交流發電機臺座上には發條支持部を裝備して居る。

而してタービン部及び復水器の熱による膨張はフレキシブル・カップリング及タービンと復水器との中間に裝備したエキスパンション・ジョイントに依つて完全に其の影響を互に及ぼさない様にしてあつて、此點は設計上大いに苦心の存する所である。

第 10 圖は本タービンの翼部切斷圖であつて、通過蒸汽量が普通型タービンに比べて比較的大きいため二列の通路を有して居り稍趣を異にして居る。

第 11 圖は抽汽ターボ發電機の調整機構を線圖で示したものであつて、他



第 10 圖 2,500 KW ユングストローム・パスアット・タービン翼部切斷圖

の部分普通型タービンと何等異なることがないから、以下抽出蒸気圧力調整機構について説明をしようと思ふ。

先づボイラーから来た蒸気はAを通つてタービン高圧部に入り、漸次翼間を作用しつゝ、抽出點に達するこゝ、其の一部は即ち抽出蒸気となつて抽出せられ、他は再びBを経て低圧部に入り作用蒸気となつて復水器に至る。

抽出蒸気圧力の變化はCに作用し、ピストンに連る桿機構を経てGを動かす、Bの上部油室に加はる油壓を變化せしめてBの瓣を働かしめ、低圧部に入る蒸気量を加減し、抽出蒸気圧力を一定に保たしめる。若し抽出蒸気量に比べてタービンの出力が過少なるか、或はタービンが停止した場合には

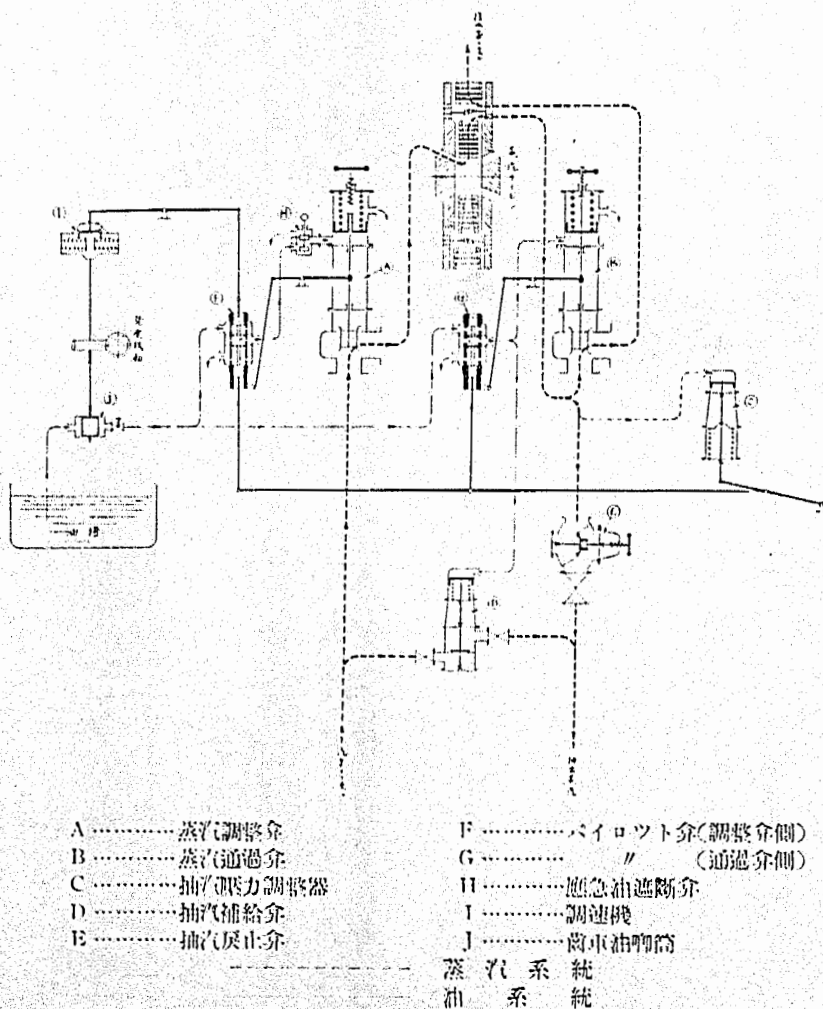
不足の蒸気はDを経て主蒸管から自働的に所要壓力まで減壓の上補充せられる。従つて抽汽管系に於てはタービンの運轉狀態の如何を問はず、常に一定壓力を保つことが出来ると同時に要求蒸気量の多寡を論ぜず供給することが出来るのである。

前に記述した様に、本タービンは13,600 瓩/時の蒸気を抽出しつゝ、2,500 KW を發生し得るものであるが、無抽汽運轉でCを作用せしめたまゝであれば1,500 KW を發生するのみに止まる。之は本タービンの使命上無抽汽運轉をする事が稀で、多くは相當量の蒸気を抽出しつゝ電力を發生するものであるからタービンの低圧部は總給汽量より抽出蒸気量を引き去つただ

け、即ち復水器内に送られる蒸気量に對して、適當な通路を有する様設計してあるためである。従て抽汽運轉の場合が最も經濟的であることは云ふを俟たない所で、若し殆んど行はれない無抽汽運轉の場合に全力、即ち2,500 KW を發生せしめんとするならば、之に必要な全蒸気量は低圧部にも流入することとなり、自然低圧部の蒸気通路は大となり、最も多く行はれる抽汽運轉に際しては低圧部直前の壓力は相當降下し發電能率を低下せしめることになる。故に豫め注文主と協定して適宜設計せらるべきものである。

然しながら蒸気通過瓣の瓣棒をハンドルで引上げ其の自働作用を停止せしめ、瓣を全開として固定する時は、低圧部の壓力は抽出蒸気壓力以上に上昇し、無抽汽運轉の場合に雖も高圧部第一翼環前の蒸氣の許す範圍内に於て1,500 KW 以上の出力發生は可能である。又前述の發電能率の低下を認めるならば、必要に應じては無抽汽運轉に際して此の様に自働機構を停止することなく、抽汽運轉の場合と同様の全出力を發生し得る様に設計すれば容易である。

斯の如く抽出蒸気ターボ發電機は低壓蒸気を一定壓力のものに使用する工業に於ては自家發電所用 (Industrial power plant) として最も好適なものであつて製紙、製絲、セルロイド工業、紡績等に於て工場合理化の目的に漸次使用せられることとなり、弊社に於ても既に之等目的のため各種出力の抽汽ターボ發電機を製作納入したのである。



第 11 圖 抽出蒸気壓力調整裝置線圖

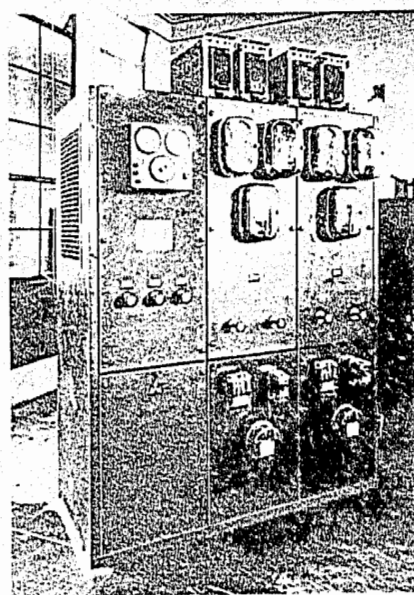
勵磁機調整型自働電壓調整器

廣島電気株式会社 松 田 久

負荷の状態如何に拘らず、常に一定電壓で電力の供給を行ふことは望ましいことで、此の爲めに發電機及び進相機には自働電壓調整器を一般に設備する。従來之等の調整器には系統に短絡が起つた時その被害を出来る限り輕微ならしめるために短絡發生と同時に急速に發電電壓を低下せしめる裝置を附して居つた。然るに近來送電系統が擴大し、屢々大きな短絡事故に遭遇した結果、斯の如き方法では屢々同期機の亂調を起し、爲めに完全部分迄も停電を起し遺憾とする所が多いので、何等かの對策を講ぜなければならないこと、なつた。茲に於て考案せられたのが以下述べんとする勵磁機電壓調整型自働電壓調整器である。

此の調整器は振動型調整器と加減抵抗器型調整器との組合せから成り、本器を使用する同期機の設計と相俟つて非常に大きな電壓増加率を有して居り系統に短絡が起つても電壓を低下することなく、反對に勵磁を強めて同期機磁界を正常に保ち、絶対に同期を確守する方式である。我社では並順落成した加計發電所（水力 $2 \times 6,300$ KW）及び新に $10,000$ KVA 同期進相機 2 臺を据付けた廣島變電所に合計 5 組（内 1 組は豫備勵磁機用）を使用、爾來數ヶ月間夏季の雷時季に際して屢々短絡事故に遭遇したが、一回も同期を外れず完全に動作を續けて居る。因に本器は發電機、進相機と共に三菱電機

株式會社から納入したものであつて、同社ミウエスチングハウス電機會社との共同製品である。



第 1 圖 繼電器盤

猶本器は發電機用と進相機用とに依つて幾分異つた點もあるが、人体同一と見て差支へがないから本文は廣島變電所に設置した同期進相機用のものに就て述べることにする。

構 造

本器は繼電器盤、接觸器盤及各種抵抗器から成つて居る。

繼電器盤

電壓制御要素、補助繼電器、電壓降下補償器、時限裝置、手動自働轉換裝置等を裝置して居る。

電壓制御要素は系統電壓を感受し、調整器全体の作用を促す部分であつて

補助繼電器は電壓制御要素の作用を中繼する繼電器である。此の繼電器は保持及中和の二線輪と 3 個の接點とから成り、平時は保持線輪のみに電流を受け接點を開いて居るが、中和線輪に電流が流れる時は之によつて保持線輪による勵磁を中和し、繼電器の接點を閉ぢさせる。

電壓降下補償器は一般に使用せられるものと全く同一であるから説明は略することにする。

電流制限要素及時限裝置は短絡發生の場合該故障部分を撰擇遮斷するのであるが、自働遮斷器が何等かの事故で働かなかつた場合の様に長時間短絡の繼續する時に限り動作する非常保護裝置である。

接觸器盤

各種接觸器及時限繼電器を裝備して居る。

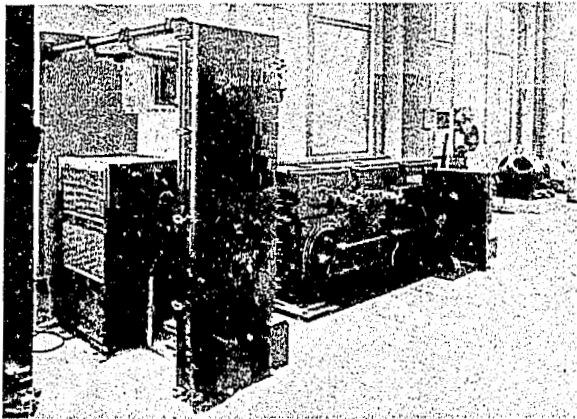
接觸器は何れも第 2 圖に示す様に上下 2 個の鐵心があり、上部鐵心には動作線輪、下部鐵心には保持及中和の 2 線輪を捲き、平時は保持線輪のみに電流を受けて下部鐵心を勵磁し下部接點を閉ぢて居る。動作及中和の 2 線輪に電流が流れる時は中和線輪の電流のため下部鐵心は勵磁を失ひ、新に動作線輪によつて上部鐵心が勵磁せられて接點は下部が開き上部が閉ぢる。

時限繼電器は M、N 2 個の線輪を有し、平時は兩線輪共電流を受け互に勵磁を消合つて居るが、何れか一方の電流が無くなる時は勵磁を受けて直ちに動作を始め、一定時限の後其の接點を開く。

界磁抵抗器

界磁抵抗器には

1. 電動加減抵抗器
2. 強磁抵抗器



第2圖 接觸器盤及抵抗器

3. 減磁抵抗器

4. 差働界磁加減抵抗器

の4種があり、1. 2. 3. は主勵磁機の界磁へ直列に挿入し、4は差働界磁と直列である。2は調整器が電壓上昇作用を爲す時振動接點により短絡せられる抵抗器で、3は平時短絡せられて居り電壓低下作用の際振動接點によつて断続的に短絡を除き界磁に挿入する抵抗である。差働界磁は勵磁機の時限數を小にし、電壓増加率を大ならしめるため磁化曲線の直線部のみを安定に使用するため設けたものであつて、其の電流調整は4の加減抵抗器によるのである。

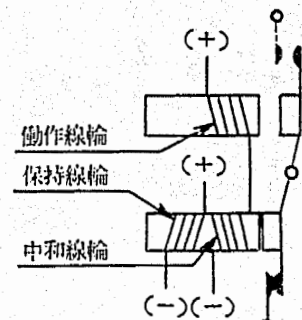
電壓上昇作用

動作説明圖に示す様に電壓制御要素は抵抗及リアクタンスを経て電位變壓器の各相 1. 2. 3 に接続し、系統電壓の正相分に比例する電壓を受けて居る。系統電壓が低下する時は之に加はる電壓は低下し、接點 MR-1 を閉ぢ、線輪 MSR-1 を附勢して補助繼電器を動作せしめる。補助繼電器が動作する時は3組のMSR接點が閉ぢる。

MSR 第一接點は線輪 1R 及 N を附勢して上昇用シヤンチング・コンタクターを動作せしめ、その主接點 1R, 2R, 3R により強磁抵抗器を短絡して急

速に電壓を上昇せしめる。MSR 第二接點は線輪 K₁ 及 N を附勢して電壓上昇用レバーシング・コンタクターを動作せしめ、下部 K₁ 接點を開き、上部 K₁ 接點を閉ぢて電動加減抵抗器を上昇方向に廻轉せしめる。シヤンチング・コンタク

ターは以上の動作と同時にその補助接點 1R により電壓制御要素の直列抵抗を一部短絡して、要素に加はる電壓を増し、恰も系統電壓が上昇した如くに見せ掛けて MR-1 を開かしめ、補助繼電



第3圖 接觸器

器、シヤンチング・コンタクター及レバーシング・コンタクターを復歸せしめ全回路を最初の状態に復する。此の動作は加減抵抗器の接觸腕が抵抗器自身のみで系統電壓を正常に保ち得る位置に進む迄振動的に繰返へす。動作中 MSR 第三接點は綠色表示燈を断続的に短絡して之れを點滅せしめ、調整器が上昇作用中である事を表示する。

説明を簡單ならしめる爲めレバーシング・コンタクターはシヤンチング・コンタクターと同時に復歸するものとした。然し實際上此の様に動作せしめるにすれば、レバーシング・コンタクターの毎回の閉路時間が餘りに短く、

慣性の大きな界磁抵抗器を廻轉する事が出来無い。依てコンタクターには限時開放繼電器を付して閉路時間の延長を計り界磁抵抗器の廻轉を確實にする。又界磁抵抗器用電動機は停止と同時に(-)母線を通じて電動子を短絡し、電氣的制動を掛けて廻り過ぎを防ぐ。

電壓低下作用

系統電壓が正常値より高過ぎる時は電壓制御要素に感じて接點 ML-1 を閉ぢる。ML-1 を閉ぢるに低下用補助繼電器、シヤンチング・コンタクター及レバーシング・コンタクターを働かす。シヤンチング・コンタクターは主接點 1L により減磁抵抗器の短絡を開いて界磁へ直列に挿入し、急速に電壓を低下せしめ、レバーシング・コンタクターは電動加減抵抗器を低下方向に廻轉せしめる。此の動作と同時にレバーシング・コンタクターの補助接點 1L により電壓制御要素と並列に抵抗を接続して要素に加はる電壓を下げ、恰も系統電壓が低下した様に見せ掛けて ML-1 を開かしめ、續いて補助繼電器及コンタクターを復歸せしめる。此の動作は上昇作用の場合と同じく加減抵抗器の腕が適當な位置に進む迄振動的に作用する。抵抗器の廻轉裝置に對し限時開放繼電器、電氣的制動等を施したこゝは上昇作用の場合と同じである。

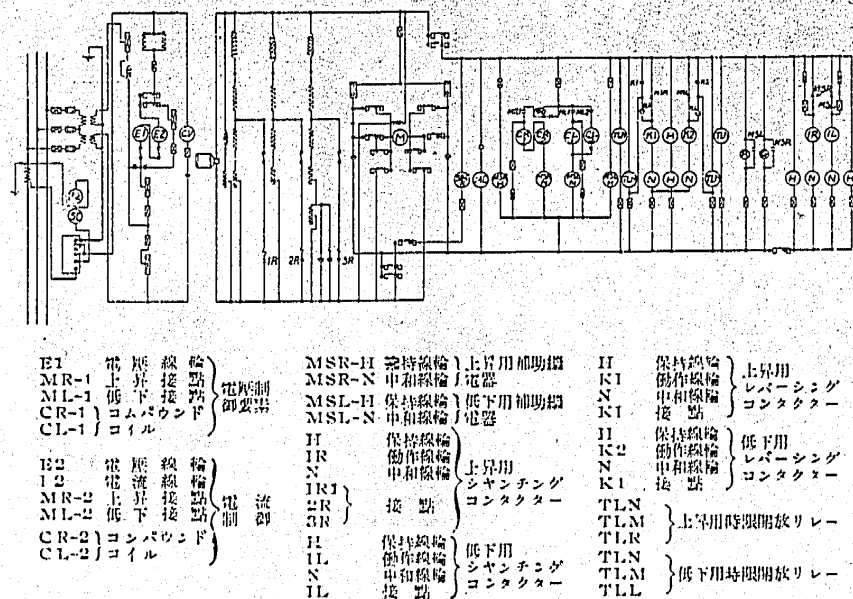
以上要するに系統電壓が上下何れに變動した場合でも、調整器は直ちに之れに應答して振動的に動作し、強磁抵抗を短絡若くは減磁抵抗器の挿入を断続的に行ひ、急速に電壓を上昇若くは低下せしめて應急的に系統電壓を正常に保ちつゝ、電動加減抵抗器を歩一歩廻轉し、最後に抵抗器腕が適當な位置に

達した時全部の作用が止むのである。調整器により保つべき系統電壓を變へるには電壓制御要素と直列にある電壓調整抵抗器を加減し、系統電壓と電壓制御要素に加はる電壓との割合を變へればよい。

非常時保護装置

前述の如く本器は運轉の安定上短絡発生の場合でも電壓低下を行はず反對に上昇作用を爲すのが原則である。然し繼電器の故障或は他の原因により短絡部分が撰擇遮断せられず、長時間故障を繼續する時は機械に危険を及ぼす事が無いとも限らない。依て本器には此の様な場合に限り作用する非常時保護装置を裝備して居る。

此の装置は電流制限要素と時限装置とから成つて居るのであるが、電流制御要素は電壓線輪 E2 と電流線輪 I2 とを有し、夫々電位變壓器及變流器により系統電壓及負荷電流に比例する勢力で互に反對に勵磁せられ、接點 ML2 を開き MR2 を閉ぢて居る。短絡発生の場合は電壓線輪の勢力が減じ、電流線輪の勢力が増大して接點 MR2 を開き ML2 を閉ぢ、非常電壓低下回路を用意する。同時に過電流繼電器 SC が動作し、その接點 SC により電壓繼電器 CV の回路を開き之れを復歸し始



第 4 圖 自動電壓調整器動作説明圖

める。CV 繼電器の完全に復歸せぬ内は調整器の動作回路は何等の變化も無く、相變らず上昇作用を行つて居る。CV 繼電器は彈條により除々に廻轉し、その復歸に數秒を要する。CV が復歸し、その接點 CV を閉ぢる時は MC 繼電器が動作して MR-1 と直列の接點を開いて調整器の上昇作用を止め、ML-2 と直列の接點を閉ぢて低下作用を行はしめる。短絡が除かれ系統状態が正常に復するに電流制限要素は直ちに復歸して ML-2 を開き、MR-2 を閉ぢるから再び電壓上昇作用が始り

急速に系統電壓を正常に復する。

手 動 調 整

調整器を使用せず手動で電壓調整を行ふには手動自動轉換器を手動側に轉じる。そうすると調整器に加はる電壓が無くなり、同時に電動加減抵抗器の電動機は制御開閉器に接続する。手動調整の場合指示スッチを入れて置くに電壓制御要素及表示燈のみに電壓が加はり電壓の高過ぎ或は低過ぎを表示する。手動調整中減磁抵抗器は 30-CS コンタクターによつて短絡し、抵抗が界磁に挿入せられるのを防ぐ。

昭和六年 四月十五日印 刷
昭和六年 四月十七日内務省納本
昭和六年 四月二十日發 行

本 誌	定部=付金貳拾錢
代 價	郵 税 不 要

編輯兼
發行者

印刷者

印刷所

發行所

神戸市西須磨仲町二十九番地

鈴 木 貢 一

大阪市東區内久寶寺町三丁目

長 谷 川 泰 三

大阪市東區内久寶寺町三丁目

株式會社 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