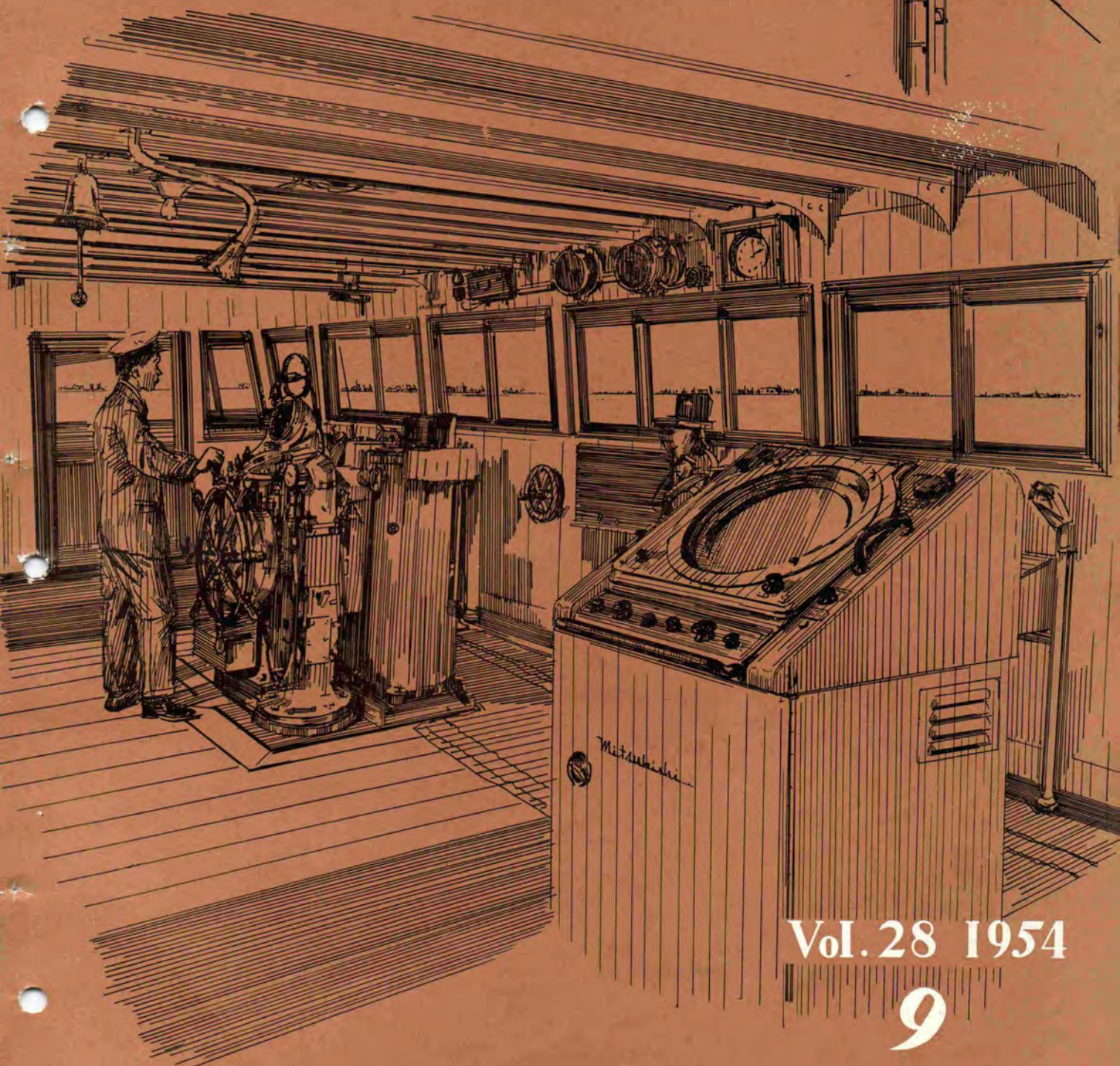
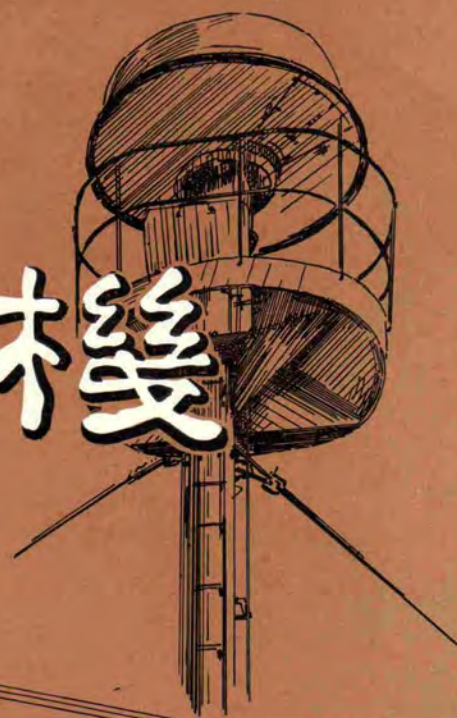


MITSUBISHI DENKI

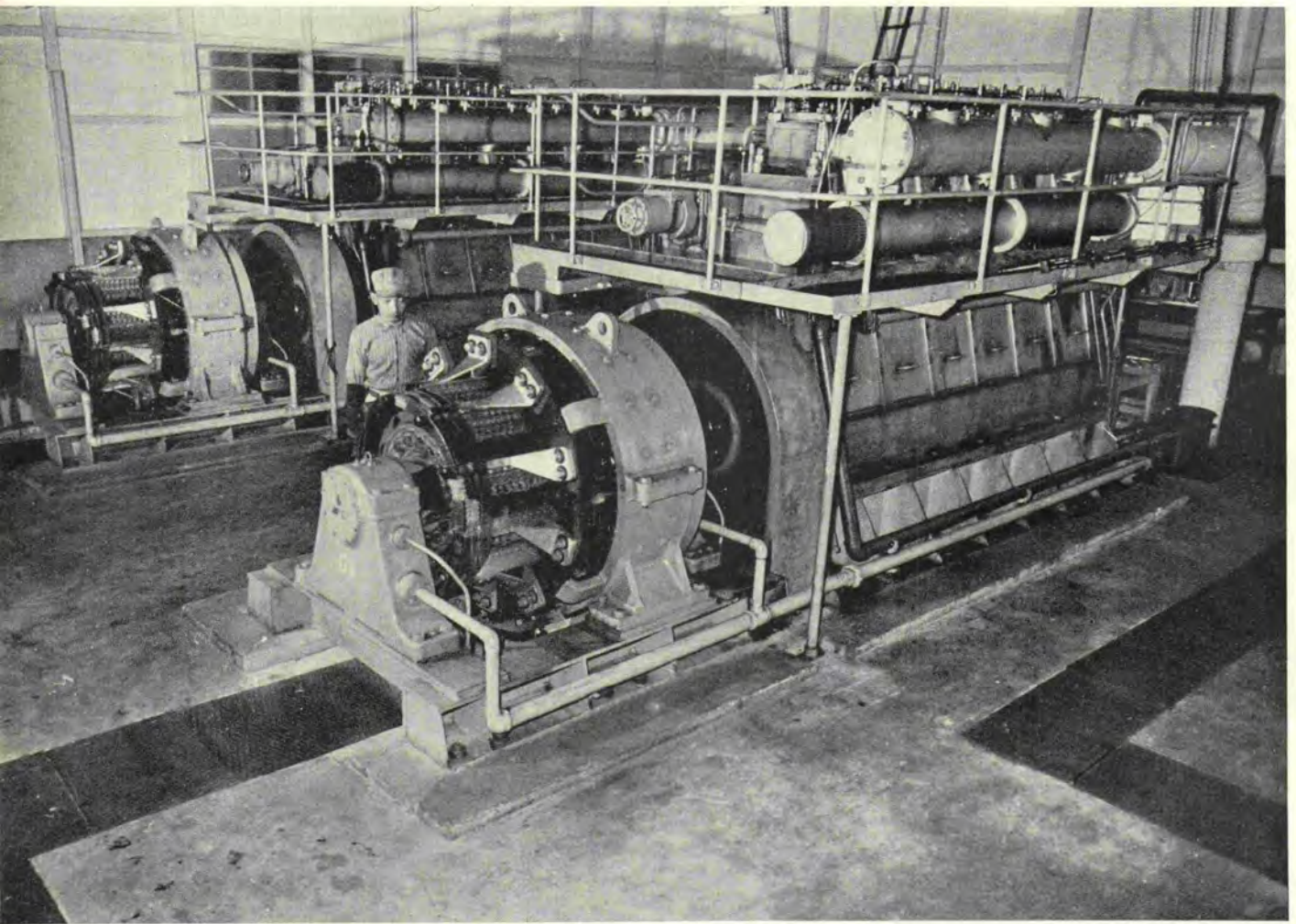
# 三菱電機



Vol. 28 1954

9

# ジーゼル駆動自家発電装置



動力用電源は生産事業上一定不変であることが望ましいが、天災地変の不可抗力による電力供給不能または電圧・周波数等の変動はさげがたく、このため生産量の減少、品質の低下にて多大の損失を蒙る。ジーゼル駆動自家発電装置はこの問題を解決する最上の方法である。

写真は電解工場に設備された2台のジーゼル駆動 350 kW 直流発電機である。何等の事故なく全負荷にて昼夜連続運転している。

## 直 流 発 電 機

容 量	350 kW
電 圧	125 V
電 流	2,800 A
回 転 数	500 r p m
型 式	開放自己通風型

電源の確保はジーゼル駆動発電装置で！



MITSUBISHI DENKI

三菱電機

表紙説明

表紙のペン画は油槽船に装備された船舶用RM-1A型レーダでレドーム付きの空中線および船橋に据えつけた指示機を画いたものであります。

大略の性能は周波数 9,320~9,430 Mc, パルス幅 0.25  $\mu$ S, 尖頭出力 50 kW, 探知半径 1, 2, 4, 8, 20, 40 カイリ, 最小探知距離 80 yd, 距離分解能 50 yd, 方位分解能 2 度であって PPI 表示方式で 12.5 in の平面型ブラウン管を使用しております。

構成は送信機, 指示機および空中線の三つの部分からなっておりますが操作は指示機のみで全系統を動作させることができます。

目下これと同型(ただし空中線等を改造したもの)3 台製作中であります。

昭和 29 年 第 28 卷 第 9 号

目次

関西電力納入椿原発電所用 42,000 kW 水車……山本義治・根津 晃…(2)

関西電力納入椿原発電所向水車発電機……………鈴木正材…(9)

風冷式 3,000 kW 1,500 V イグナイトロン整流器……………加藤又彦…(12)

最近の継電器とその応用(その 3)……………藤井重夫…(19)

ドワイトロイド式焼結機の総括制御……………木内 修…(24)

整流子回転子故障検出装置……………白田長一・梶谷定之…(30)

ニュースフラッシュ

    マインパワーセンター……………(35)

    立山ケーブルカー……………(36)

三菱電機株式会社

本社

- 東京都千代田区丸の内(東京ビル)  
(電) 和田倉(20) 代表 1631・2331
- 研究所 兵庫県尼ヶ崎市南清水  
神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町  
名古屋製作所 名古屋市東区矢田町  
世丹製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水  
長崎製作所 長崎市平戸小屋町  
無線機製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水  
大船工場 神奈川県鎌倉市大船  
世田谷工場 東京都世田谷区池尼町  
郡山工場 福島県郡山市宇境橋町  
福山工場 福山市仲野上町  
姫路工場 兵庫県姫路市千代田町  
和歌山工場 和歌山市岡町  
中津川工場 岐阜県中津市駒場安森  
福岡工場 福岡市今宿青木  
静岡工場 静岡市小 鹿 110  
札幌修理工場 札幌市北二条東 12  
大阪営業所 大阪市北区堂島北町 8 番地 1  
(電) 福島(45) 5251-9
- 名古屋営業所 名古屋市中区広小路通  
(電) 本局(23) 6231-5
- 福岡営業所 福岡市天神町(三菱ビル)  
(電) 西(2) 5821-5825
- 札幌営業所 札幌市大通り西 3 の 5  
(電) (2) 7236・7237
- 仙台事務所 仙台市東一番丁 63  
(電) 仙台 2573・8057
- 富山事務所 富山市安住町 23 の 2  
(電) 富山 4692・5273
- 広島事務所 広島市袋町 1(明治生命ビル)  
(電) 広島中(2) 2211~3 2214
- 高松出張所 高松市南紺屋町 34 の 3  
(電) 高松 3178・3250
- 小倉出張所 小倉市博労町 63(富士ビル)  
(電) 小倉 3614

品質奉仕の三菱電機

# 関西電力納入椿原発電所用42,000kW水車

新三菱重工業株式会社神戸造船所

山本 義治・根津 晃

## A 42,000kW Water Turbine for Tsubakihara Power Station

Yoshiharu YAMAMOTO • Akira NEZU

Kobe Dockyard, Mitsubishi Heavy Industry Reorganized Company.

A Francis water turbine for Tsubakihara Power Station of the Kansai Electric Power Company ranks high among the post war development of hydro-power stations in Japan.

It is featured by a number of excellent designs such as self closing ability of guide vanes at an emergency, a segmental type bearing and regulating performance of an actuator and inductive magnetic heating of the spiral casing, all the novel designs being proved of success as aimed at.

### 1. まえがき

関西電力株式会社の本格的電源開発工事のトップを切って完成した椿原発電所は、昨28年12月10日の予備試験後約1カ月の調整運転を経て、本年1月7、8日公式試験を好成績裡に終え、引き続き営業運転中である。

本機は本邦における代表的大容量機であるが、その製作に当っては最大の努力を傾けて設計、製作ならびに試験を行ったもので、いずれも所期の目的を達している。すなわち水車性能を確認するために綿密な模型試験を施行することはもちろん、案内羽根の自己閉鎖性能、スパイラルケーシングの誘導電磁加熱方法、セグメンタル軸受の性能、キャビネット型アクチュエータの調整性能等を詳細に試験して実用に対する優秀性を検討し、組立に際しては水車を本組みした上これに発電機を合せて据付ける方式を採用して工程の短縮を図る等、あらゆる面に考慮が払われた。ここにその概要について記載する。

### 2. 設備概要

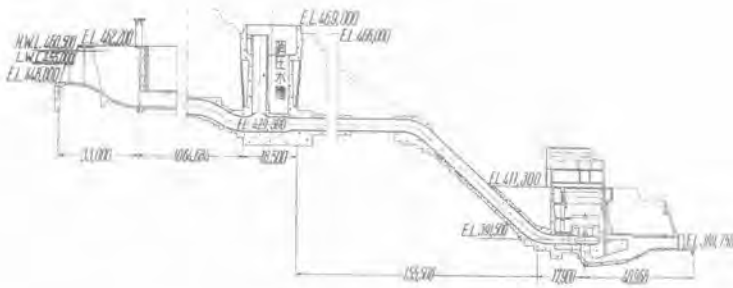
本発電所は庄川水系の上流部、岐阜県大野郡白川村大字椿原に設置されたもので、堰堤高さ66.7mのダム式発電所である。さらに上流の予定地点、御母衣発電所が完成すれば、現在の1台の外に1台増設される予定である。1図は庄川水系一覽図、2図は本発電所の水路断面図を示す。

取水口位置 岐阜県大野郡白川村大字椿原字くるす  
 発電所位置 岐阜県大野郡白川村大字椿原字北浦  
 河川名 庄川水系庄川



1 図 庄川水系一覽図

Fig. 1. Map near Tsubakihara P.S.



2 図 水路断面図

Fig. 2. Cross sectional view of power station and penstock etc.

(1) 設計要項

型式	FSS-V	
有効落差	64.2	59.2 m
最大出力	42,000	37,100 kW
最大流量	72.3	69.5 m <sup>3</sup> /sec
回転数	171.5 rpm	
比回転数		
	193	201 kW-m
台数	1	
回転方向	発電機側より見て時計式	

発電所出力

最大	38,700 kW
常時	5,400 kW

使用水量

最大	70 m <sup>3</sup> /sec
常時	18 m <sup>3</sup> /sec

落差

最大有効落差	65 m
最大総落差	68.2 m

堰堤

型式	直線重力式コンクリート造り
頂長	201.734 m
基礎面上最大高	66.7 m
堰堤容積	161,175 m <sup>3</sup>
可動堰	デンドーゲート 7 門

貯水池

全容量	21,457,500 m <sup>3</sup>
有効容量	5,700,000 m <sup>3</sup>
利用水深	5.5 m
満水面積	1,167,600 m <sup>2</sup>

導水路

断面	円形圧力隧道内径 4.8 m
長さ	1,003 m

調圧水槽

型式	差動式調圧水槽
内径	上部 19 m 下部 13 m
ライザ径	5.5 m
総高さ	44.3 m

水圧鉄管

内径	上部 4.5 m 下部 3.7 m
厚さ	上部 12 mm 下部 24 mm
長さ	183.339 m

年間発生電力量 (予想) 230,928,000 kWh

(2) 柵付方式

単床式コンクリートバーレル  
発電機軸直結

(3) 制御方式

一人制御半自動式

(4) 保証事項

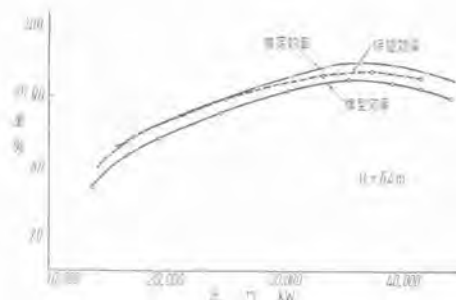
効率	(基準落差にて)	最高 93.3 %
速度変動率		30 % 以内
ただし発電機 GD <sup>2</sup>		5.040 t-m <sup>2</sup>
调速機正味閉鎖時間		5.5 sec
不動作時間		0.2 sec
水圧上昇		101.6 m 以内
無拘束速度		321 rpm

イ. 模型試験

(1) 効率試験

水車効率試験については、縮尺比 1/5.3 の模型を作成してその性能を確認したが、その際スパイラルケーシングおよび吸出管が実物と完全に相似になるよう注意を払った。模型水車から実物水車への効率の換算については、ムーデイの 1/5 乗式  $\eta_p = 1 - (1 - \eta_m)(D_m/D_p)^{1/5}$  を用いたが、その結果を図示すれば 3 図の如くなる。なおこの場合、模型および実物のランナ翼型の相似性はもちろん、表面粗度が問題であるので、精密なゲージによる検査と、メッシュ試験による顕微鏡写真をとって粗度の確認を行った。模型の表面粗度による効率変化を示すと

$$\varepsilon = \frac{D_1}{k}$$



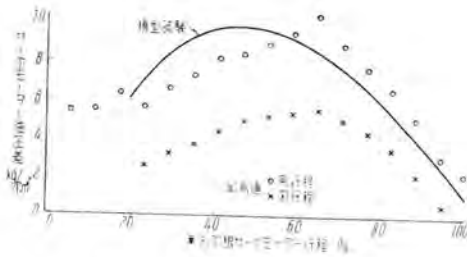
3 図 模型水車および実物水車推定効率曲線

Fig. 3. Characteristic curve of water turbine.

3. 水車性能

ア. 水車仕様

関西電力納入樺原発電所用 42,000 kW 水車・山本・根津



4 図 案内羽根の水圧による閉鎖力  
Fig. 4. Self closing force of guide vane by water pressure.

$D_1$ : ランナ直径

$k$ : 表面凸凹の平均高さ

研磨を良くして  $\epsilon=3.3 \times 10^{-4}$  より  $\epsilon=6.3 \times 10^{-4}$  としたために効率上昇は 0.15~0.25% を得た。

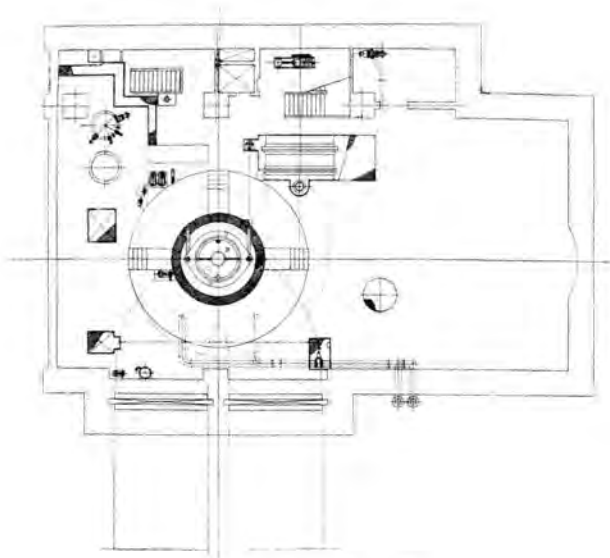
(2) 案内羽根自己閉鎖試験

模型試験における案内羽根の閉鎖モーメント測定は、水量調整輪をピアノ線により引張り、これにスプリング秤を挿入して行った。実物水車においては、サーボモータ内の油圧を測定して、閉鎖力を計測した。これらの比較を示すと 4 図の如くなる。

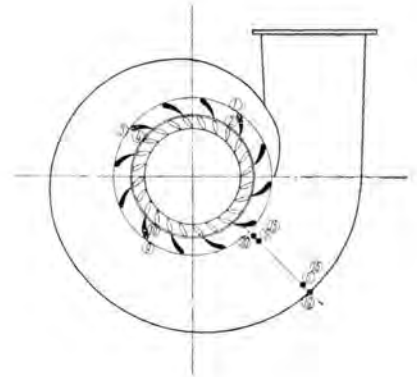
(3) インデックステスト法

5 図の如き測定点につき計測した結果、つぎの如き値を得た。

- ①~②  $Q=28.379 \times d^{0.501}$
- ③~④  $Q=46.774 \times d^{0.445}$
- ⑥~⑤  $Q=69.024 \times d^{0.428}$
- ⑨~⑩  $Q=67.92 \times d^{0.405}$
- ⑬~⑭  $Q=38.905 \times d^{0.515}$
- ⑯~⑰  $Q=26.607 \times d^{0.56}$
- ⑱~⑲  $Q=33.037 \times d^{0.549}$



6 図 据付平面図  
Fig. 6. Plan of power station.



5 図 インデックス  
メソッド測定位置  
Fig. 5. Measured  
position at index  
test.

この結果より見ても、Winter-Kennedy 法または、巻き終りの Peck 法を採用するのがよろしいと思われる。

4. 配置、構造および据付

ア. 機器の配置

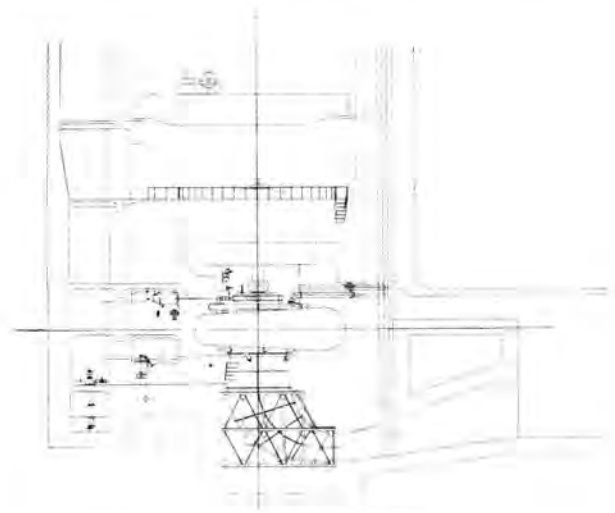
機器配置は 6 図および 7 図に示すように、単床コンクリートパーレル式とし、中間軸を設けず、水車軸と発電機軸とは直結とした。また将来増設される機器は、現在運転中のものを超えて、下流側に設置されるので、起重機吊上代、補機配置等の決定にはこの点が考慮された。

入口弁は省略された。わずなち停止中の漏水を少なくするために案内羽根上下間隙を 0.2 mm に縮少し、不銹鋼ライナを使用することによって耐用年限を増加すること、および案内羽根に自己閉鎖性能を与えることによって危急時の対策とすること、この 2 点の考慮により、決定されたものである。ただし将来の運転成績いかんによっては、設置可能なように考慮されている。

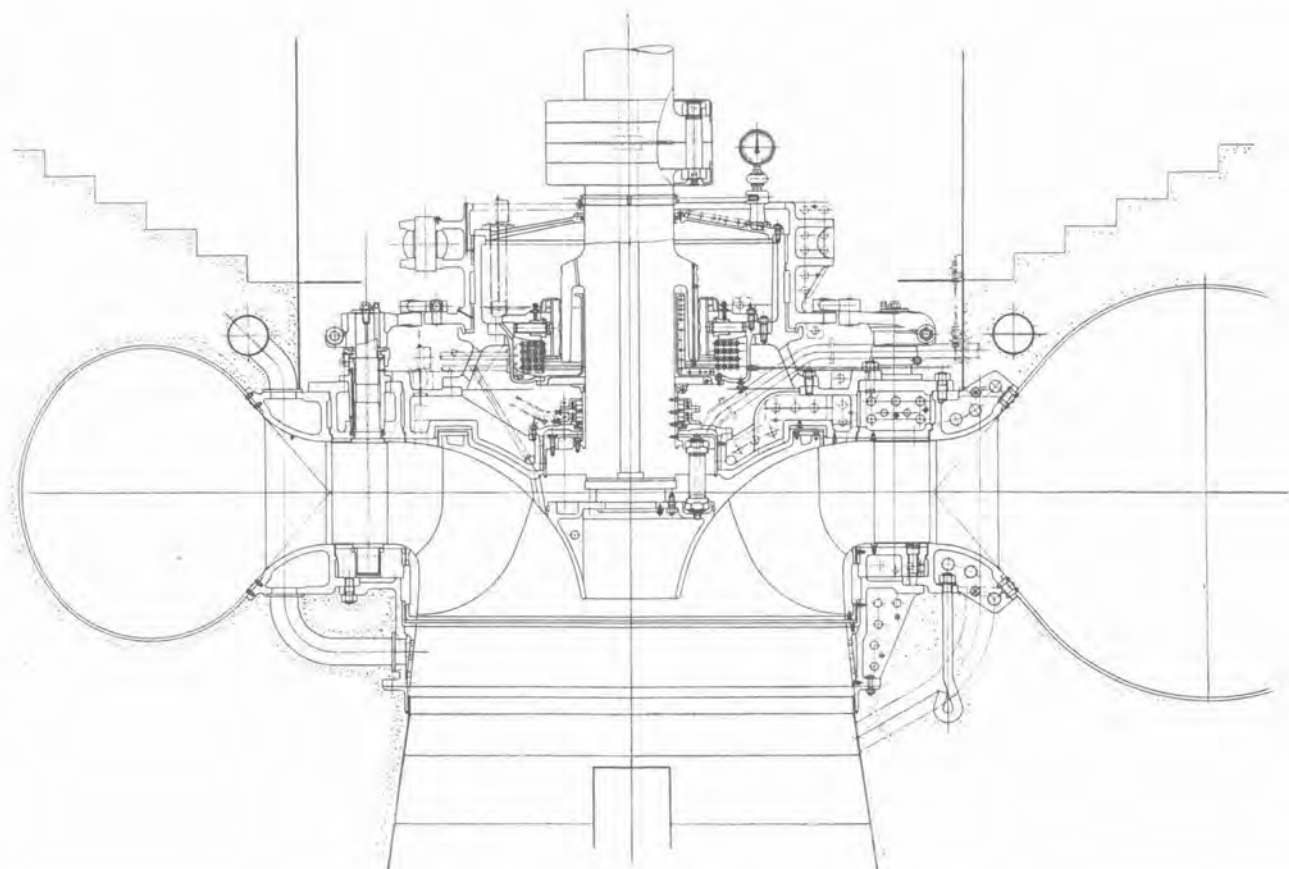
イ. 本体構造

(1) ランナ

ランナの性能を決定づける翼型については、試験により確認された模型と相似にするため、ゲージにより詳細に検査された。



7 図 据付断面図  
Fig. 7. Cross sectional view of power station.

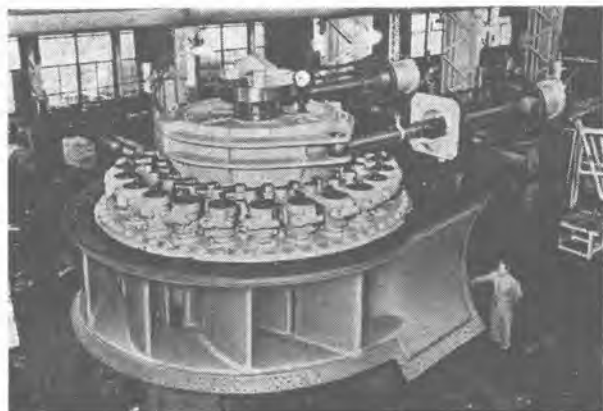


8 図 水車断面図 Fig. 8. Cross section of water turbin.

材質は鋳鋼品第二種 (SC 45) が採用されたが、出口背面部のキャビテーションによるピッチングを惹起し易い部分には、不銹鋼 (18% Cr, 8% Ni) の肉盛溶接による被膜を与えた。製品重量は、ライナ、ボンネットと共に 20t である。

(2) スピードリングおよびスパイラルケーシング  
 スピードリングは溶接六つ割構造とし、水圧および重量支持に対し充分の剛性を持たせている。  
 スパイラルケーシングは最初全溶接、現場焼鈍を施行

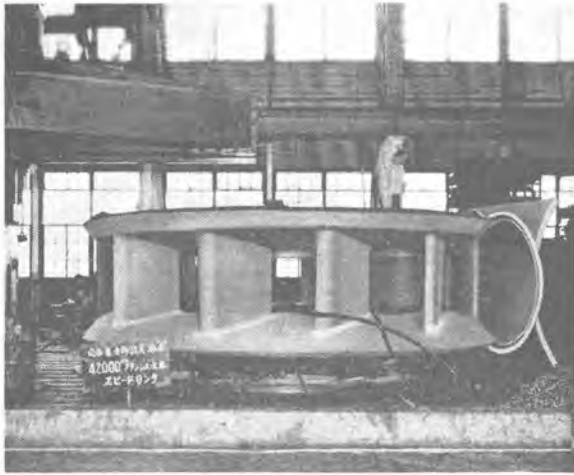
する予定で設計に着手したが、東北電力夏瀬および、柳津発電所の現地溶接および各種の工場試験の結果、焼鈍による歪がスピードリング仕上面に影響する可能性が考えられたので、スピードリングとの接続のみは鋲接を採用することとした。ただし本工事施工に当つて、工事進捗過程における歪の量を詳細に計測して検討した結果、今



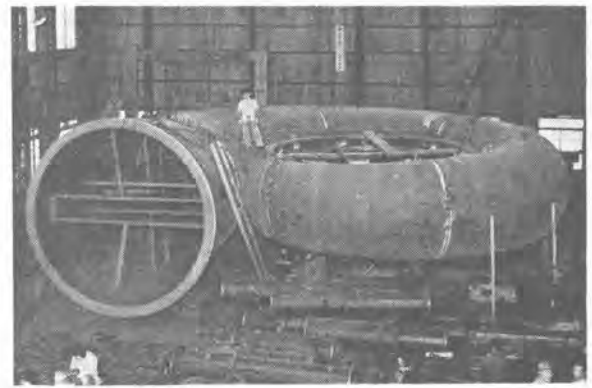
9 図 工場仮組立 Fig. 9. Assembling at the factory.



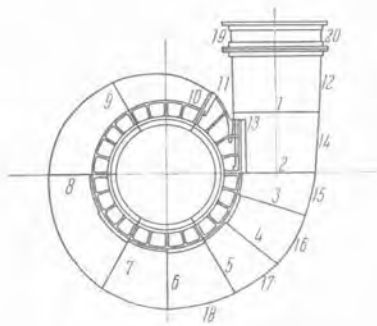
10 図 ランナ Fig. 10. Runner.



11 図 ターニング削り作業中のスピードリング  
Fig. 11. Turning of speed ring.



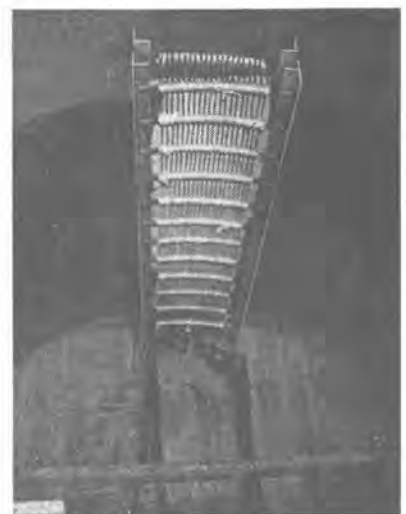
12 図 スパイラルケーシング工場仮組立  
Fig. 12. Spiral casing under construction at the factory.



13 図 スパイラルケーシング現場  
溶接順序  
Fig. 13. Order of arc welding operation of spiral casing at site.



14 図 円周接手の焼鈍装置  
Fig. 14. Annealing of circumferential joint.



15 図 背割接手の焼鈍装置  
Fig. 15. Annealing of longitudinal joint.

後はスピードリングを鋼板製として、全溶接、焼鈍が可能なることの見透しを得た。

まず輸送可能な大きさに分割し(22分割)各片は工場において溶接し、電気炉中で完全な焼鈍を施行した。発電所現場においては、スパイラルケーシング各片を溶接、焼鈍の後、スピードリングに銲接した。この焼鈍については電磁誘導加熱方式を採用し、縦接手部分には9mmのトロリ線を16回巻きとし約100V、1,000A(所要電力約60kW)、円周接手部分には直径14mmの銅管を水冷して約250V、2,000A(約260kW)の電力を必要とした。もちろん温度と時間の関係は正確を期することが必要なので、アロメルクロメル熱電対を使用しA. S. M. E. の規格を満足することを確認した。

つぎに溶接および焼鈍の結果を検査するため、コバルト60を使用して、 $\gamma$ 線による透過写真を撮り、異状のないことを確認した。(この詳細は動力別冊(昭和29年1月)

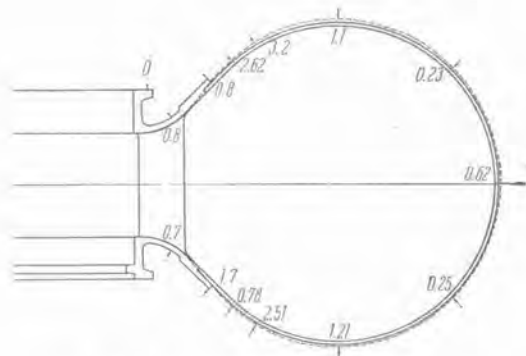
参照されたい)。以上の操作によりスパイラルケーシング製作の完全が期されたわけであるが、さらにリベットに対する漏水の有無と、膨脹値の確認を行うため、水圧試験を施行した。試験圧力12.2 kg/cm<sup>2</sup>に対する膨脹は16図の如くでほぼ計算値と一致する。

### (3) 主軸および軸受

主軸は鍛鋼品第5種(SF 55)製で、外径700mm、中心部には150mm直径の穴を明け、材質の点検と共に、後述の如き水車発電機の据付に利用した。またランナと軸との結合はフランジ接手が好ましいので、軸受部のスカートは一体削り出し構造とした。

軸受は据付の容易なセグメンタル方式とした。本機は軸径も大きいので、とくに工場試験を行い、軸受間隙および回転数を種々に変えて、発熱量および軸受温度を計測し、実用性を検討した。

運転成績は極めて安定が良く、軸受温度は、38.2°C



16 図 水圧試験時の膨脹値 (mm)  
Fig. 16. Expansion of casing under pressure test in mm.

(冷却水温度約 6°C) に飽和した。

(4) 案内羽根および調整機構

案内羽根は水圧による自己閉鎖性能を与えたもので、その詳細については模型試験により確認した。この場合、もし弱点部が切断した時は水圧により閉鎖するので、隣接案内羽根にショックを与えることが予想されるのであるが、本機ではアームを二重式とし、その間に引張要素の弱点ピンを挿入する構造となっているので、この場合にも二重のアーム同士が接触して、羽根自体には直接力が伝わらない。

前述の如く入口弁を省略したので、停止時の案内羽根漏水をできるだけ少くすることが望ましい。このために案内羽根上下間隙は 0.2mm につめ、上下面、接触面ともに不銹鋼肉盛による被膜を持たせて、耐久度を大きくした。また上下面の間隙は精密調整を行う必要があるので、ねじ式を採用した。

(5) グランドパッキング

グランドパッキングにはカーボンを使用し、スプリングによる自己調整性能をもたせてあるので、人為的に増し締めする必要がない。ただしわが国における約 20 年の実績によれば、土砂による摩耗が弱点と思われるので、下部に白色合金を用いた封水パッキングを一段挿入して、カーボン自体は清水により冷却するよう考慮を払った。この構造により耐用年限は相当延し得るものと期待している。

ウ. 吸出管

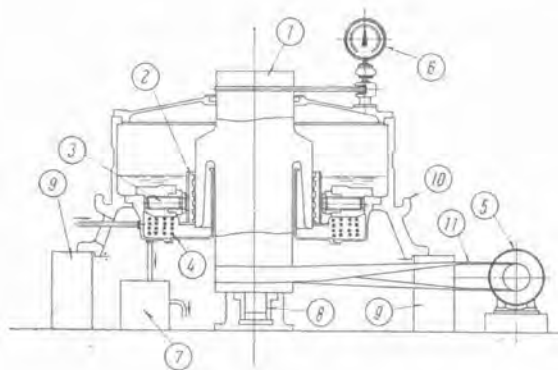
吸出管は溶接製とし、現場における組立はすべてフランジを用いたボルト締めとし、現場工程の短縮を考慮した。また基部には溶接および鋸接を併用したストラクチャを設け、基礎ボルトによって固定させ、据付、コンクリート打設を容易ならしめた。

エ. 制御装置

(1) 調速機

アクチュエータおよびサーボモータに分け、前者は制御キャビネットに一体として収容し、後者はパーレル基

関西電力納入樺原発電所用 42,000 kW 水車・山本・根津



- |          |                           |
|----------|---------------------------|
| 1. 仮軸    | 9. 定盤                     |
| 2. 軸受バット | 10. 主軸受支持台                |
| 3. 調整ボルト | 11. ベルト                   |
| 4. 冷却管   |                           |
| 5. 駆動モータ | 電動機…直流 30 HP400~1 200 rpm |
| 6. 回転計   | 主軸回転数…86~257 rpm          |
| 7. Vノッチ  | 正常 171.5 rpm              |
| 8. 軸受    |                           |

17 図 主軸受工場試験装置

Fig. 17. Main bearing under test at the factory.

面下に入れた。制御キャビネットは 18 図の如く、左半分は調速機盤、右半分は制御盤で、これに各種計器類を収容した。

アクチュエータは工場において詳細に各種性能試験を施行した。すなわち調速機駆動用電動機および発電機を 1 組とし、この発電機をシンクレア接手を有する他の電動機により駆動し、諸種の変位をオシログラフに入れて、性能を検討した。回転数を瞬時に上昇させた場合の一例は 19 図の如くで、精度の優秀なことを示している。

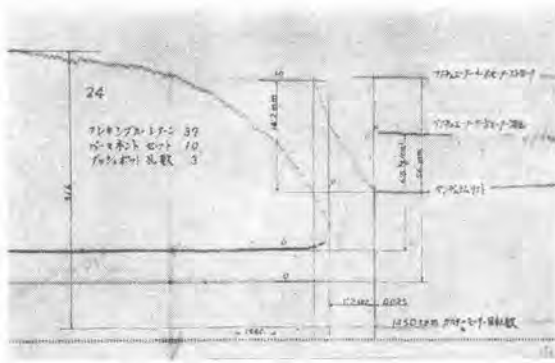
(2) 圧油装置

圧油装置は単位方式とし、電動機駆動圧油唧筒 1 組を常用、小水車直結圧油唧筒 1 組を予備とした。油圧は 20 kg/cm<sup>2</sup>、唧筒送油量は 685 l/min, 60 HP とし、齒車唧筒を使用した。本容量は調速機サーボモータ 1 行程分の油を 15sec で補給し得る量である。また圧油槽容量

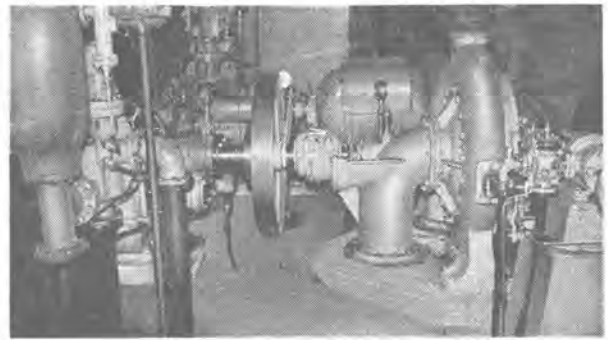


18 図 水車制御のキャビネット

Fig. 18. Control cabinet for water turbine.



19 図 アクチュエータ工場試験オシログラム  
Fig. 19. Oscillogram of actuator at factory test.



20 図 圧油ポンプ装置  
Fig. 20. Pressure oil pump.

は、調速機3行程を行った時に停止油圧以上であることと、停止油圧より非常停止を行った場合最低油圧以上であることとの2条件より決定したもので、5,300 lとした。発電所で低油圧停止試験を実施した結果は15.5 kg/cm<sup>2</sup>より14.8 kg/cm<sup>2</sup> (予定値14.6 kg/cm<sup>2</sup>)に止った。

小水車は横軸フランシス型とした。落差の変動が比較的少いので、速度を確認するいわゆる調速機は設置せず、オンロードとアンロードの2段階にサーボモータ開度を調整する方式とした。

#### (3) グリース供給装置

水車本体のグリース供給は、いわゆる集中給油システムで2台の唧筒を設置した。配電盤または、唧筒位置において押ボタンにより任意に起動し、給油が終ると自動停止する。常備唧筒が故障の場合は警報を発するので予備に切換えて使用する。なおとくに唧筒不具合の場合を考慮して手動ウイングポンプを用意している。

#### (4) 運転制御装置

水車の制御方式は、いわゆる一人制御半自動式で、配電盤または水車制御盤において起動停止を制御できる。水車制御盤は前述のキャビネットの右半分を占め、電磁弁および補助弁類を収容している。前面は左右に大きく開く扉により内部調整を便ならしめると共に、おのおのの電磁弁操作用に小扉を設けてある。

調速機事故により過速する場合は検討してみると、圧油槽の油圧喪失の外に、配圧弁および管系統の閉塞が考えられる。前者の場合には非自己閉鎖型の案内羽根と全く同様の保護装置を設けておき、水圧がこれに加勢するという考え方でよいが、後者の場合には、水圧によりサーボモータを閉鎖させ、サーボモータの油を別に排出させる必要がある。この目的のために本機では自己閉鎖用の電磁弁を設け、これは過速度の第2段で操作させること

とし、また別に12 kg/cm<sup>2</sup>まで油圧が低下すればスプリングにより機械的に動作させる方式とした。ただしこの方式が有効であるか否かは運転成績により判断したいと考えている。

#### オ. 据付について

##### (1) 水車発電機の据付

単床パーレル式発電所においては、一般に水車のスパイラルケーシングを据付け、上カバー、内カバーを設置した状態でパーレルを打設し、発電機下部ブラケットを設置して相互の芯出しを行う。しかる後、水車内カバーを取外し、ランナを吊り込んで本組立を施行する。本発電所においてはまず水車のみ、ランナまで入れて本組みを行い、水車軸中心部にあけた穴を利用して、発電機の芯を水車に合せて組立てた。したがって据付期間を約2週間短縮することができた上に、運転成績は極めて好調であった。

##### (2) 軸接手

水車軸と発電機軸との接手には、12本のリーマボルトを使用したが、重量62 kgのボルトの着脱は相当な困難を伴う。本機においてはボルト中心部に穴をあけ、この中にドライアイスを挿入してボルトの温度を下げ、着脱を容易ならしめると共に、ねじを切って特殊の吊上装置を設け、据付、分解に便ならしめた。

## 5. むすび

わが国における代表的大容量である本水車は、昨28年12月以来極めて好調なる運転を継続しており、本稿に述べた如き新しい試案はいずれも概して成功しているといえる。国の内外を問わず送電系統容量の増大に伴い、単位水車の容量が大きくなりつつある今日、本機の成功は今後の大容量水車発電機の開発に多大の自信を深めたものといひ得よう。

# 関西電力納入椿原発電所向水車発電機

神戸製作所

鈴木正材\*

## A Water Turbine Generator for Tsubakihara Power Station

Masaki SUZUKI

Kobe Works

A water turbine generator delivered to the Kansai Electric Power Company is a representative unit of a large capacity as an umbrella type machine. With successful test results at the factory in the presence of authorities, the machine is now under satisfactory operation at the site after regular routines. It involves many noteworthy features; an under bracket thrust bearing, its cooling pipes for oil and an inductor type construction of a small a-c generator for a power source of the actuator.

### 1. まえがき

先にカプラン水車直結発電機柳津 30,000 kVA を完成し、続いて本邦における代表的傘型大容量機として関西電力株式会社椿原発電所向 45,000 kVA を製作した。工場における詳細な立会試験も好成績に終了し現地試験は 28 年 12 月 10 日予備試験、本年 1 月 7.8 日の公式試験も無事完了してその後順調に運転を行っている。本機は構造上幾多の新しい試みを採用して製作し、いずれも好結果を得ているもので下記に本機の概要を紹介する。

### 2. 発電機の仕様

42,000 kW フランシス水車直結、傘型発電機

閉鎖風道循環型 1 台

容量 45,000 kVA

力率 85 %

電圧 13,200 V

電流 1,970 A

周波数 60 c/s

回転数 171.5 rpm

極数 42

蓄勢輪効果 5,040 tM<sup>2</sup> (保証値)

短絡比 1.2 以上 (保証値)

無拘束速度 321 rpm

主励磁機 1 台

220 kW 250 V 171.5 rpm 10 P 他励差動分巻

副励磁機 1 台

12 kW 110 V 171.5 rpm 10 P 分巻

交流発電機

2 kVA 110 V 171.5 rpm 36 p 51.5 c/s

3φ 誘導子型

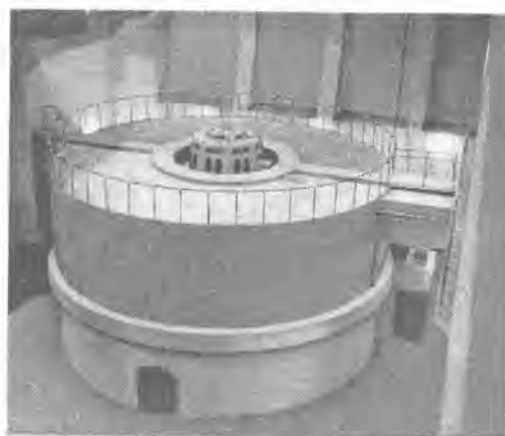
### 3. 発電機の構造

1 図は現地据付状況、2 図は発電機の構造を示す。

本発電所は現地における陸路運搬の都合上荷造重量を極力 15 t 以下にするように計画した。

#### ア. 固定子

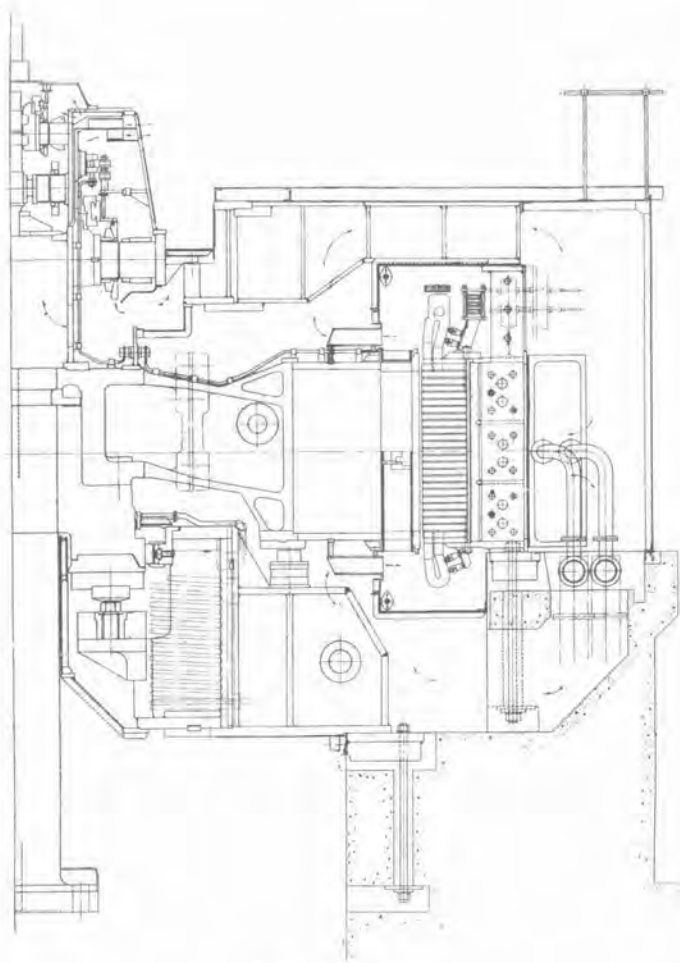
固定子枠は重量軽く信頼度のある鋼材溶接型として輸送重量の関係で六つ割とした。固定子鉄心の割目接触面はスペーサを介して十分な圧力で締付けて磁氣的騒音、振動の起らぬような構造である。固定子枠外周には 6カ所の通風穴を設け直接取り付けした空気冷却器を経て冷却



1 図 45,000 kVA 発電機

Fig. 1. 45,000 kVA Umbrella type generator.

\* 技術部 交流機設計課長



2 図 発電機断面図

Fig. 2. Sectional view of generator.

風を循環する。固定子鉄心は良質の T 級珪素鋼板を用い打板後充分焼鈍を行い、各シートはリニスで絶縁を行って特性の向上を計っている。

固定子線輪は素線として裸線および二重ガラス巻線との結合により構成し完全 B 種絶縁を施し使用絶縁の材質および処理方法には万全を期し、対地ならびに層間絶縁は雷等による衝撃波にも充分耐えるようにしている。

結線は二重星形とし、線路側 3 本、中性点側 6 本の口出しを有し中性点側には層間短絡保護用継電器を設置した。

線輪温度測定にはサーモカップル素子 12 箇（内 6 箇予備）を埋込んでいる。

#### イ. 回転子

回転子は薄鋼板成層式で、輻鉄は鋳鋼製で輸送の都合上 6 本足の内 4 本を継足にし、そのハブは推力受金に嵌込みハブ下面と受金との接触面には半径方向にノックを挿入して回転力を伝達する方式とし輻鉄より外部の回転部を取外した状態で水車回転子、発電機軸を支持できる利点は従前どおりである。回転子リムは材質を充分吟味した良質の 3.2 mm 厚鋼板を扇形片に打抜いたものを成層し上下両端には厚鋼板扇形片を用いて多数箇の縮付

ボルトにて一体としたものである。

輻鉄の外周に成型したリムは多数箇のスペースヒータにて加熱、膨脹させ所要の張り代を取る如くシュリンクキーを打込んでいる。磁極は 1.6 mm 厚の薄厚板を打抜き成層し鋳鋼製端板を用いボルトにて一体としている。界磁線輪は B 種絶縁にして裸平角線を使用し層間にはアスベストを挿入、温度を上げて無拘束速度時における遠心力以上の圧力にて所要寸法に焼付けている故運転中の変形、ずれ等の心配はない。

回転子線輪上部接続は接続片として薄銅板を所要枚数重ね合せたものを用いて口出部に接続している故、熱による伸縮に対しては可撓性を有し、機械的にも充分耐え得るものである。制動巻線の短絡片は鋳鋼製磁極端板に切込みをつけてその一部を挿入して支持しているから、遠心力に対しては充分安全であると同時にその作動時、熱による膨脹に対しても、その部分に摺動し得る構造としている。

制動器摺板は 6 等分した鋼板を用いて輻鉄足間に渡して取り付け、制動時の回転力は輻鉄足との間の半径方向ノックにより支持し、制動時熱による円周および半径方向の膨脹に対し無理のない構造としている。

扇車は両面に側板を有する溶接構造とし、輸送上三つ割としている。

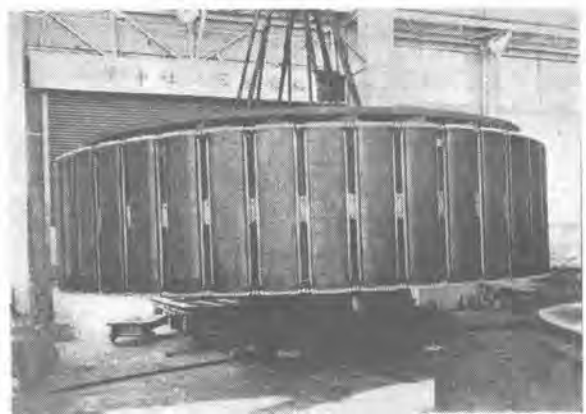
#### ウ. 軸受およびその他

上下ブラケットは鋼材溶接製である。

上ブラケットは軽荷重を支えればよく、簡単な構造にして足は全部取外し可能である。

4 図は下ブラケット関係組立を示す。

下ブラケットは発電機および水車の全推力を支持するミッチェル型推力軸受および振止軸受等を支えるように充分頑丈な構造とし、ブラケット兼推力軸受槽は外周を多角型とし、8 カ所の窓を有す。窓のふさぎ板にはおのおの油冷却器を取り付け定位置で外部に容易に引出し



3 図 回転子

Fig. 3. Rotor.



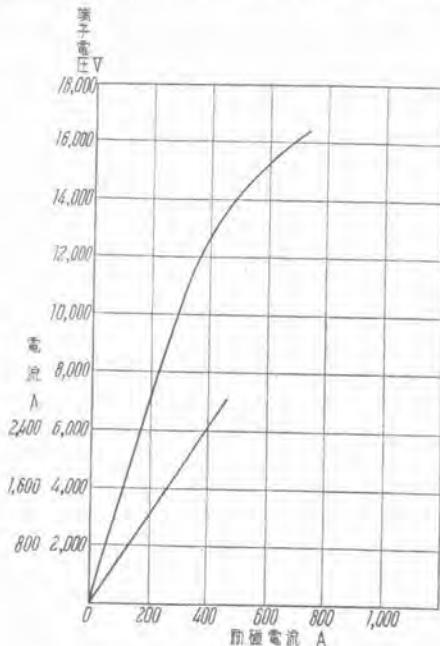
4 図 下ブラケット組立

Fig. 4. Assembling of lower bracket.

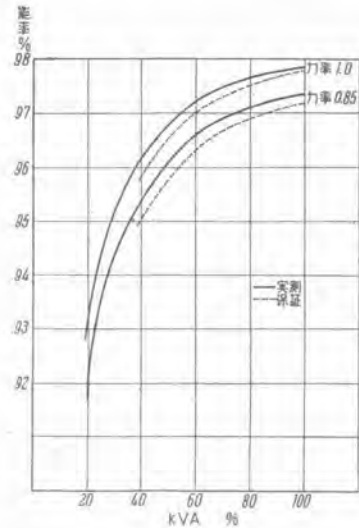
て、内部の点検等ができる構造とした。

推力軸受用油冷却管は一般には軸の回りに環状に巻いた構造を用いているが上記の如く窓より外部に取り出す如く、8カ所の群に分割した冷却管を用いている。

振止軸受はセグメント式にして推力軸受と同一油槽内に設置している。軸受槽上蓋は回転部との間に風圧を加えた、エアバックキングを行っているから漏油の心配がない。発電機上部通風路と励磁機側との隔離部はホワイトメタルを用いた構造とし機械仕上を行って空気漏洩量を極力少くしている。调速機駆動電動機 0.6 HP 用電源として低速機に直結して 50c/s 近くをとるために誘導子型発電機を用いて主励磁機回転部の内側に落とし込み背を



5 図 無負荷飽和曲線および三相短絡曲線  
Fig. 5. No load saturation curve and 3 $\phi$  short circuit curve.



6 図 能率曲線

Fig. 6. Efficiency curves.

低く安定のよい構造としている。

空気冷却器は伝熱効果の大きい U フィン管を用い、空気中の湿気よりできた水分は下部通風路より落ち込まぬようにして排水ビットに集めて外部に排出するようにしている。消火装置として手動による消火水管と自動式炭酸ガス消火装置を具備している。

#### 4. 試験

工場にて仮組立の上各種試験を行ったが特性および保証値は充分満足すべき成績であった。短絡比は 5 図の無負荷飽和曲線および三相短絡曲線より示す如く保証値以上である。実測能率は 6 図の如く各負荷において保証値を上回る好結果を得た。なお現地据付後の竣工試験も好成绩であった。当時負荷試験は 13,600V, 1,650A, 58.2c/s にて固定子温度上昇値 50°C にして定格どおりの負荷にしても 70°C 以内に入ることが予想される。

#### 5. むすび

以上本発電機の概要について述べた。

傘型発電機については戦前より手がけ、戦後においては数多く製作したが本機は幾多の改善を施した新設計を行った傘型大容量機であり、短時日にて設計、製作より運転に至るまで順調に進み、現在極めて好調に運転中である。

将来上流開発に伴いさらに 1 台増設されますますその偉力を発揮する日が待たれる次第である。

終りに本機製作、据付に当り種々ご指導、ご援助を賜った関西電力株式会社に深く感謝する次第である。

# 風冷式 3,000 kW, 1,500 V イグナイトロン整流器

伊丹製作所

加藤 又彦\*・坂上 茂\*\*

## A 3,000 kW 1,500 V Pumped Air-Cooled Ignitron Rectifier

Matahiko KATO · Shigeru SAKAGAMI

Itami Works

Electronic engineering in Japan has turned a new leaf by building a 3,000 kW 1,500 volts pumped air cooled ignitron rectifier for Tachikawa substation, the Japan National Railways. Being the largest to date, it consists of six steel tanks connected to an air cooled mercury vacuum pumping with each tank cooled by an axial flow type fan mounted on the shaft of a vertical motor.

An enormous increase of power demand in the railway service is thus answered by the fruits of our untiring efforts.

### 1. まえがき

電鉄用直流変電所の水冷式イグナイトロンにかわって風冷式イグナイトロン整流器が実用に供されて冷却系統の保守点検に一つの変革をもたらした。この変革は冷却方式に限定せられることなく、整流タンク内部構造および設計方針に少なからざる変化をもたらすにいたった。

すなわち排気装置の純風冷化をはじめとして整流タンク内部構造の各部にわたって改良、研究が加速度的に実施され、6タンク方式の定格容量の点で技術面上一大進歩を画するにいたった。

風冷式、3,000 kW, 1,500V, 6タンク、イグナイトロン整流器の完成は日本の記録品であるばかりか世界的記録品であり、整流器の自動化、遠方制御方式の簡易化、定格容量とその外形寸法、重量の点で一大躍進的現象を示したことになる。それだけにこれが完成と研究には拍車がかげられ、さきに日本国有鉄道名古屋変電所に3,000 kW, 1,500V, 水冷式、6タンク方式を納入したのを契機として、その後鋭意、研究が進められ、関係各位から多大のご支援をいただいて完成したものである。

本文は日本国有鉄道立川変電所へ3台納入した日本最大の風冷式、3,000 kW, 1,500V, 6タンク方式、重負荷公称定格、イグナイトロン整流器の諸特長、設計および試験成績を中心としてこれが研究結果の一部をも合せ

報告しようとするものである。なおこの風冷式イグナイトロン整流器は純風冷式水銀蒸気ポンプを取付けて、工場化前から負荷試験完了まで種々の冷却条件のもとで特性試験も行っているのもその特長、性能についても紹介する次第である。

### 2. 整流タンクの構造

整流タンクの配列ならびに水銀蒸気ポンプの配置については水冷式、3,000 kW, 1,500 V, 6タンク方式のものと同様であり、根本的に差はないが整流タンクの内部構造と主排気管路には著しい差異がある。ことに冷媒が空気でありその空気温度が季節により大約 30°C の範囲にわたって変化するのでこの温度変化に順応すべく人為的加熱と冷却条件の制御が必要となるが整流タンク自体の内部構造もこの広範囲な変化に迎合すべく設計を行った。以下整流タンクの特長を列挙すればつぎのとおりである。

(1) 点弧子による新点弧理論を用いた整流器であるため、大容量であるにもかかわらずタンク長が短かく、軽量に製作しうる。

(2) 陰極-タンク間は(1)の特性により絶縁する必要がないため冷却の見地よりして、またパッキングの気密度機能の点で簡易化され独特の設計ができる。

(3) 陽極部がタンク内に内蔵されており、タンク外

周は風洞を構成しているためタンクの大きさは著しく小さい特長がある。

(4) 大電流量であるためカゴ形の二重格子構造とし電弧光筒を有せず、特殊パッフルを三段に挿入して水銀蒸気流の制御と消イオン作用を強化せしめている。消イオン作用を強化すると共に過負荷耐量を保有せしめるために独特のパッフルを挿入して風冷式の温度変化を調整することに努めた。

したがって陰極室の概念が導入され、二重格子構造と相まって信頼性の強化に成功した。

(5) 陽極加熱器と陰極加熱器を備えて整流タンクの温度傾度の保持と温度調整を実施している。

(6) 冷却用送風扇は速度制御を行う。

以上の諸特性によって高温度域における整流器過負荷運転が可能となった。整流タンクの外部形態を簡易化し、開蓋、点検の自由な整流タンクとするためには従来の水冷式イグナイトロンと同一外形にせざるを得ない。しかるに冷媒が空気であるために整流タンクの外形は冷却と密接に関係し、整流タンク外周の放熱片とその外周のカバーとの中間の通風部は伝熱、風損ならびに送風扇の容量を決定することになり、この部の温度によって陽極部の水銀蒸気密度が決定されるとみるべきである。この部の飽和水銀蒸気密度にさらに運転中は陰極室からの水銀蒸気の流動が負荷電流の変化に呼応して重畳された結果になる。したがってタンク壁温度と陽極部水銀蒸気密度との間には時間的要素を仲介とした函数関係におかれるのでこのことを考慮して設計してある。

陰極室から陽極部へ流入する水銀蒸気流を変流または調整するのが中間パッフルの使命であるが尖頭負荷時の水銀流制御の一端を上部パッフルと二重格子構造が受持っている。

運転時の冷却条件の一基準は上記のとおり整流タンクの側壁の温度から決めることになるが起動時または起動後 30 分間程度はタンク内の温度傾度が定常状態にならないためにその間は冷却扇の速度制御、陰極加熱器、陽極加熱器などを自動または手動制御する。このうち陽極および陰極加熱器は冷却条件いかんによっては運転開始前より投入使用することにしてある。冷却条件と加熱部の温度許容限界とは整流タンク自体のパッキングその他熱的劣化物の使用条件を限定することになるが、タンク局所の熱的平衡を保持するためどうしても必要であり、旧来の観念は少なからず変更する必要がある。またゴムパッキングを使っている箇所といえども耐熱の点では問題はなく、むしろゴムよりのガス発生と、空気の透過性とその寿命が問題である。

1,500V, 2,000kW 級以上のものはすべて二重格子構造として陽極部の電位傾度による電圧破壊の防止と尖頭波負荷時の通電容量および消イオン化作用を協調せしめている。

二重格子中第一格子（外部格子のことであって陰極に

1 表

3,000kW 1,500V 2,000A 風冷式イグナイトロン	
過負荷定格	150% 負荷 3,000A 2 時間
	300% 〃 6,000A 1 分間
タンク数	6 タンク
縦 長	1,700 mm
横 長	2,950 〃
高 さ	2,225 〃
内身吊上げ高さ	2,750 〃
床板の高さ	400 〃
全重量	4,000 kg
1 整流タンク重量	450 kg

近いものを指す)は格子領域の必要な予備電離を司るとともに第二格子を遮蔽する役割をはたす。第二格子は制御作用を行うと同時に陽極電界分布の適正化をはかる責務を担っている。両格子共一定の独立した制限抵抗を経てそれぞれ電圧が印加され、それらの位相は相互にことになっており、逆電圧期間内は消イオン作用と残留プラズマによる擾乱作用を阻止する保護格子である。1 表は 3,000kW イグナイトロンの仕様一覧表である。

### 3. 風冷式水銀蒸気ポンプの構造

風冷式イグナイトロンには純風冷式水銀蒸気ポンプを使用しており、整流タンクと同一の風系の風を冷媒として、220V, 1/2 HP の専用の冷却扇で冷却する。冷媒として空気を使用すれば水に比して冷却効果が悪いことは自明である。そのため設計としては四季を通じて夏季の高温を限界として冷却部の温度をできる限り低くしなくてはならない。そのために水銀ポンプの水銀溜加熱部と上部冷却部との間に熱絶縁部を設けて熱伝達を最小として加熱ヒータ容量を 450 W に制限することに成功した。また加熱部から噴射ノズルまでの水銀蒸気流路において水銀蒸気からの熱の放散を防ぎ、他方では各段ノズルとデیفューザの排気性能の釣合を保つようにして噴射蒸気のみたをなくすようにした。1 図は風冷式水銀蒸気ポンプの装置の外観を示したものである。

冷却扇は点検取外しに便利なように大地電位に配置し水銀ポンプとの間は絶縁円筒により絶縁されており、ヒータの断線時にはこの絶縁円筒をとりはずして容易に交換できる構造にしてある。

この種水銀ポンプは 1,000kW, 1,500V の風冷式イグナイトロンに実用し、その性能は試験済みであるがその後改良をほどこして、3,000kW, 重負荷公称定格のイグナイトロンに 1 台装着して化成から運転にいたるまですべて実施した。風冷式 3,000kW, 6 タンク方式のイグナイトロンに装着したのは今回が最初である。整流タンクの容積が大きくなったにもかかわらず化成所要時間は水冷式水銀蒸気ポンプをつけた場合に比して大差ない結果が表われている。しかし整流タンク内構造が複雑化し



1 図 3,000 kW 1,500 V 6 タンク方式  
風冷式イグナイトロン整流器

Fig. 1. A 6 tank unit of air cooled ignitron rectifier  
in 3,000 kW ratings, 1,500V D-C.

たため、排気抵抗の点からみて僅かではあるが化成は水冷式のものより幾分長いがこれは水銀ポンプの性能の低下とみるべきものではない。

水銀蒸気ポンプ自体の排気能力については三菱電機、Vol. 27, No. 8, 1953 の『最近の風冷式イグナイトロン整流器』を参照されたい。

#### 4. 風冷式イグナイトロン整流器負荷試験

##### ア. 化成

国鉄立川変電所へ納入した 3,000 kW, 1,500 V, 重負荷公称定格, 6 タンク方式の風冷式イグナイトロン整流器 3 台中 2 台は純風冷式水銀蒸気ポンプを他の 1 台は水冷式水銀蒸気ポンプを装着して化成を実施した。この化成は整流タンク内部構造が前述のとおり新型であるた

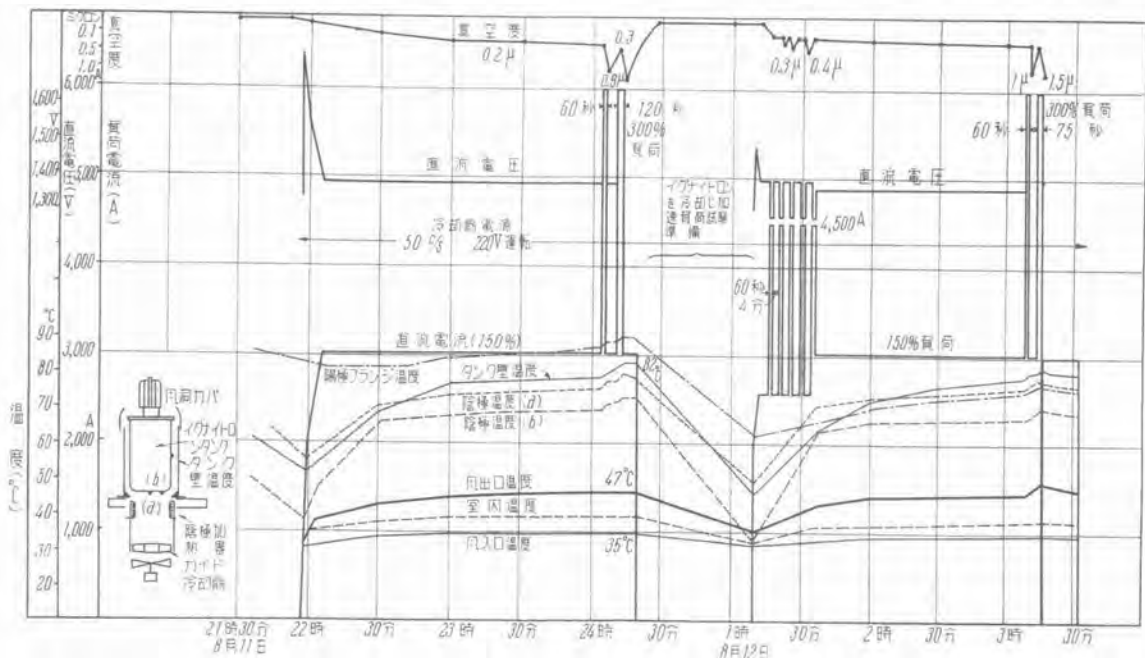
め化成の初期において整流タンクを 60°C 程度に暖めることが化成の進捗の行程からみて好結果であることが判明した。以上は工場における組立直後行う処女化成の話であり一度化成され、高圧負荷試験まで行ったイグナイトロンを現地に輸送し、据付完了後行う化成においては陽極部の風の出口をカバーにておおい熱の逸散を防止して陰極加熱器を最大限に利用して整流タンクを 50°C 以上に上昇せしめる高温化成を実施することが必要である。高温化成実施時間は 6 タンクにつき 10 時間程度を標準にしているが気温により 6 時間程度に短縮することももちろん可能である。

交流低圧化成は最初に 3 相化成を実施し、uvw, または xyz の 3 タンクを 1 組として数百アンペアまで化成を行い、その間の真空度を 2 ミクロンにおさえる。3 相化成は各整流タンクの歩調を合わせるため必ず実施する必要がある。6 相化成は 3 相化成に引続いて行い 150% 連続化成して最低真空度を 2 ミクロンにおさえるが過負荷定格値を 10 分間に 1 回宛 1 分間負荷して最低真空度が 2 ミクロンになるまで数十回負荷する。最後に化成電圧にて主コックを閉じて 30 分間運転し最後の真空低下が一定限度より低下しない時に化成を完了とする。

本 3,000 kW 風冷式イグナイトロンは周囲冷却条件として空気温度を 35°C にするためイグナイトロン整流器全体を厚紙製の小屋内に納め部屋内温度を 35°~40°C に変化せしめて夏季の室温と等価な状況とした。そのため上記のように化成を入念に実施したのである。

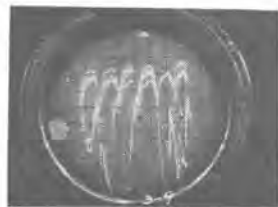
##### イ. 負荷試験

昭和 28 年 7 月から 8 月の夏季の一番気温のたかい時に 3,000 kW イグナイトロン一組を上記保温用小屋内に入れて冷却用入口風温を 35°C に保って 2 図に示す



2 図 3,000 kW 負荷試験記録

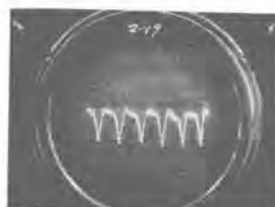
Fig. 2. Load test of air cooled, 3,000 kW, 1,500 V ignitron rectifier.



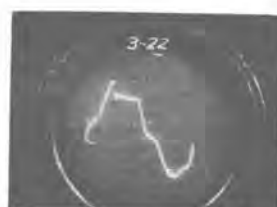
3 図 タンク温度 10°C  
1,600~1,700V D-C



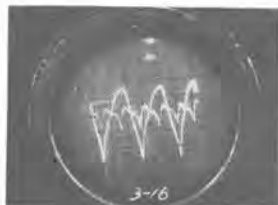
6 図 タンク温度 15°C  
650A 1,550V



8-1 図



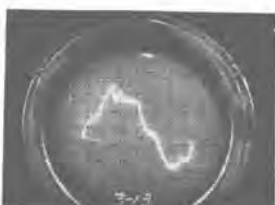
11 図 格子電圧波形



4 図 タンク温度 10°C  
1,600V D-C



7 図 1,700A 負荷時



9 図 格子電圧波形



12 図 格子電圧波形



5 図 タンク温度 15°C



8 図 タンク温度 20°C



10 図 格子電圧波形



13 図 格子電圧波形

Wave forms of D-C voltages and grid voltages.

ような負荷試験を実施した。このとき、風冷式水銀蒸気ポンプの入口風温も同様に 35°C に保持した。2 図の負荷試験を行ったときは化成を 20 時に休止して、22 時に 3,000A (150%) 負荷をいきなり負荷する間冷却扇を全回転して整流タンクを冷却せしめ起動時の特異現象の発生の検討を行った。そして 22 時にはいきなり 3,000A を負荷し、2 時間後 6,000A (300% 負荷) 1 分間、数分間 3,000A にして再度 6,000A 2 分間負荷して異常なく、その後数分間、3,000A 負荷して一応試験を終了としている。試験の間、冷却扇は 220V, 50 c/s にて運転して現地の状況に合せ、室内温度は 35~40°C で、発生熱風の一部を循環せしめて 35°~40° 温度を保持した。その後再度冷却せしめて 1 時 10 分より尖頭負荷試験を実施し 1 分間、4,500A; 4 分間 2,500A を数回反覆負荷したが何等異常なく規定どおりの負荷試験を無事完了せしめることができた。以上は工場試験の一例である。

#### ウ. 現地試験

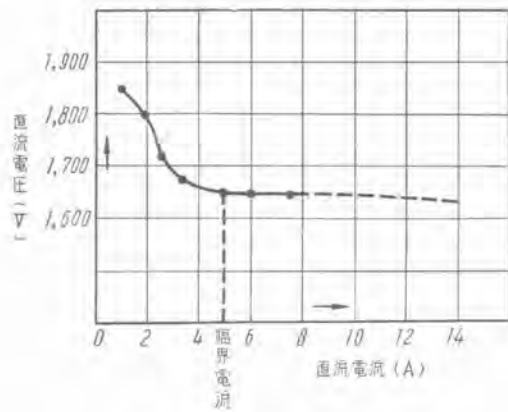
昭和 29 年 2 月下旬規定の負荷試験を現地ですべて完了した後、国鉄側の立会のもとに低温試験を実施した。整流タンク構造を強化したために軽負荷時の格子の失弧が懸念されたのである。整流器室階下の風温すなわち風取入口温度は 5°C、整流器室温 9°C でイグナイトロン整流タンクの側壁温度が 9°C の状態において電源側 O. C. B を投入、点弧、格子両回路をいかにして逆性高速

風冷式 3,000kW, 1,500V イグナイトロン整流器・加藤・坂上

度遮断器を投入した時のオシロが 3 図であり、そのときの直流電圧は 1,600~1,700V であり、振動状態にある。同一の状況下において無負荷時電圧昇騰防止抵抗器を投入すると 4 図のように 1,600V に直流電圧は一定する。しかし低温のために格子の失弧により 3 相、6 相になったことを示している。整流タンクの温度が陰極加熱器によりあたためられて 15°C になった時の直流電圧の波形は 5 図のように完全に 6 相となっている。また負荷が 650A 印加されて整流タンクが 15°C の時の直流電圧波形は 6 図に示すとおりであり、電圧値は 1,550V である。1,700A 負荷時のものは 7 図に示す。この時は重畳角が次第に大きくなって行ったことを示している。

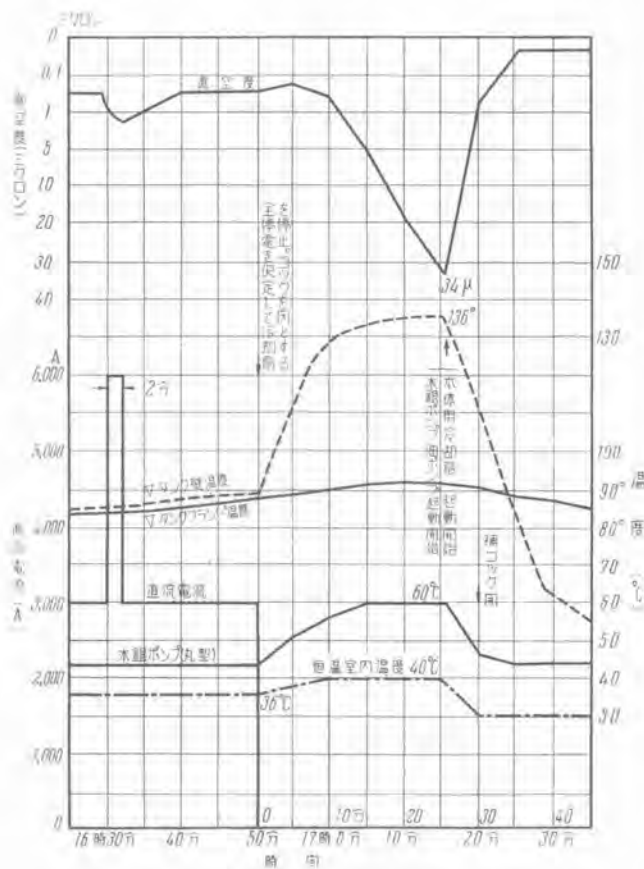
整流タンクの温度が 20°C になれば無負荷時電圧昇騰防止抵抗器を投入しないときでも 8 図に示すように波形は安定した上記抵抗器を投入すれば 8-1 図のようにさらに安定する。

また格子—陰極間電圧波形は無負荷時には整流タンク温度が 10~12°C の間にあつては 9 図と 10 図に示すとおりであるが 1~2 分間ではあるが 650A の負荷を通電後無負荷時電圧昇騰防止抵抗器を開放した状態で 9 図に相当する格子陰極間電圧波形は 11 図のようになりまた上記抵抗を投入すれば 12 図のように変化する。さらに 1,400A 負荷した時の格子—陰極間の電圧波形は 13 図のようになり、逆電圧の変化を示している。この低温負荷



14 図 軽負荷時電圧—電流特性

Fig. 14. Volt-Ampere characteristic curve at light load.



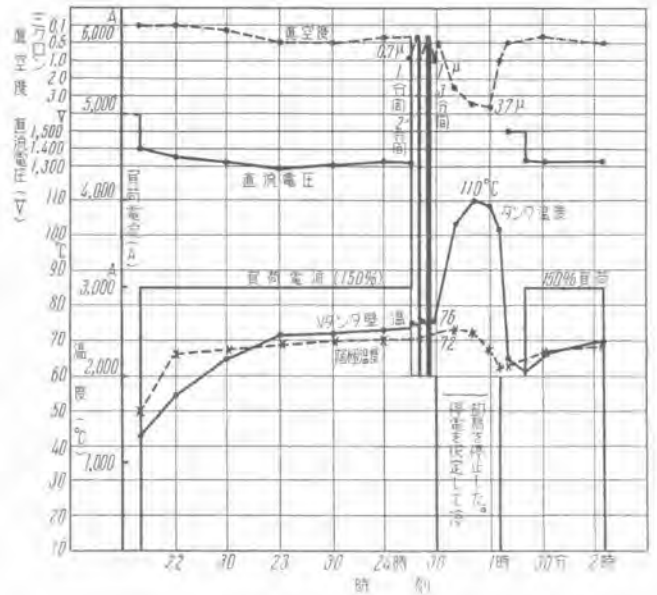
15 図 3,000kW 風冷式イグナイトロン停電時の各部温度上昇特性

Fig. 15. Temperature rise test at the power suspension

試験は、2, 3 号器についてそれぞれ行われ、タンク温度 15~17°C の状況においていきなり、2,000A 2 分間、300A 5 分間、2,000A 3 分間の脈動負荷を負荷して逆弧の発生するかどうかを観察したが何等異常なく満足すべき状況であった。14 図は臨界電流値を測定した時の直流電圧—電流特性を示したものである。

エ. 特殊試験

風冷式整流器では電源の停電により冷却部が全停するため整流タンクの温度は上昇し、その温度によりパッキ



16 図 負荷試験

Fig. 16. Commercial load test.

ングの寿命がおびやかされるかどうかまた整流タンクが 100°C 以上の状態にある時直ちに 1,500V で負荷をかけて逆弧するかどうかの問題を検討した。

15 図は化成状態において冷却扇を停止して停電の状態を仮想したものである。25 分後整流タンクが 136°C の壁温になっているが陽極部バックリング箇所はそれより約 20°C 低い。また陽極部バックリング箇所は 93°C 以下であり、ともにバックリングの許容温度 150°C を下まわっている。ただ問題とするところは水銀ポンプの排気能力が低下したために 25 分後に整流タンクの真空度が 34 ミクロンに低下していることである。これは化成の途中である関係もあるが大体 20 ミクロン程度には低下する。しかし停電が回復して冷却扇をまわせば直ちに 1 ミクロン以上の良真空度になる、その時に負荷すればたとえタンク壁温が 110°C でも充分信頼度があることを試験の結果確認することができた。16 図はその状況を示した無負荷試験の一例である。

よって風冷式イグナイトロン整流器の停電に際しては水銀蒸気ポンプの水銀逸脱を防止する意味で主真空栓を閉鎖し、停電回復して冷却扇をまわし整流タンク壁温が 100°C 程度になったとき負荷を投入すれば何等異常ないことが実証されるにいたった。

5. 考察

上述したように 3,000 kW, 1,500V, 重負荷公称定格、6 タンク、風冷式イグナイトロン整流器の負荷試験と特殊試験は無事終了したのであるがこれが製作にあたって設計者が設計基礎とした方針と試験結果とをいま一度検討してみよう。

水冷式イグナイトロンの設計、製作時にもしばしば問題とされたことであるが整流タンクの分解、組立、点検

の自由度の確保から現在の整流タンクの形態が選定され特長を発揮するようになったのであるがこの点は風冷式イグナイトロンにも適用したが電流量ならびに耐圧の点からみて何等不都合はなかった。

とくに風冷式イグナイトロンの信頼度の問題を重視し、四季を通じての気温変化と冷却条件の適正化と内部構造の合理化は風冷式なるが故に最も留意した。整流タンク内発生熱の消化が水冷と風冷とでは熱伝導率の差により時間の経過に正比例して風冷式では困難化する。この点を主眼として二重格子構造を選定したがそのために特殊パフルの挿入を必要とするにいたった。二重格子構造の採用による過負荷耐量の低減という危惧は特殊パフルの併用により打破されるにいたった新事実がある。すなわち尖頭過負荷耐量がアークガイド式の格子ではみられない程大きいことが判明した。しかし二重格子構造にした結果アーク降下は水冷式の同一容量のものに比して1.2倍に増大した。

さらに格子の穴と温度による静的遮断特性は強化され、従来の一重カゴ形格子が拋物線型特性をもっていたのに対してこの二重格子は正特性のみに限定されるにいたった。この点はまた稿をあらためて他日報告する予定である。

安定運転の条件からみればアーク降下の冷却温度変化範囲内における変化率、すなわち一定負荷電流に対しては  $dV_a/dT=0.08$ 、(冷却風温は  $10^{\circ}\text{C}$  から  $40^{\circ}\text{C}$  の間)となる。

これに反して定格電流値範囲内におけるアーク降下の負荷電流の変化による変化、すなわち冷却条件一定として

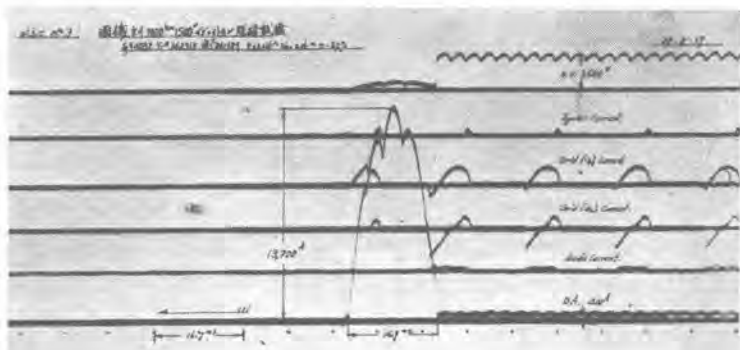
$$dV_a/dI_{100}=0.21 \quad (1,000\text{A から } 6,000\text{A の間})$$

であって常に

$$dV_a/dI_{100} > dV_a/dT \quad \text{である。}$$

このことは特殊パフルの効果が格子の穴の直径の縮小を補ってなお余りあることを示したものであるとともに  $dV_a/dT$  の変化の割合が少ないことはサージ発生限度を低下せしめたことであり、低温域の運転を可能にしている証左である。

従来設計したものの中、風冷式 1,500V のものでは寒冷地帯のものが多くかつまた小容量の点から一重格子構造が多かったがこの種のは取入口風温が  $5^{\circ}\text{C}$  になっても北海道定山溪鉄道では運転は満足すべき状態にある。すなわち陰極加熱器を使用すれば冷却条件には低温



17 図 遮断試験のオシログラム  
Fig. 17. Oscillograms of short circuit test.

限界は一応ないといってよい。しかし二重格子構造はこの点一つの限界があることは事実であり上記の冷寒試験に示したように  $15^{\circ}\text{C}$  以上が望ましく風温とされている。このことは後日検討した結果格子バイアス回路の補正により  $15^{\circ}\text{C}$  以下に下げうることの妥当性を発見している故後日運転実績と共に報告する予定である。

風冷式イグナイトロン整流器で 3,000kW, 1,500V, 6 タンク方式を確立し実負荷運転の実績を有することはその発達からみて誠に喜ばしいことであるがこの風冷式整流器の運転時の故障発生率が水冷式のものに比して軽減するであろうということは一既に断定できない。しかし少くとも電食の問題からは解放されたことは事実である。冷媒として空気を使用するという事は整流器の設計に基本的課題を提供しており変形された新研究問題が誘発されたことを意味する。しかし整流タンクの本質が整流タンク内水銀蒸気の制御にあって純然たる冷却ではない点は銘記すべき事柄であり、冬季より夏季にわたる温度変化と負荷の変動に対応すべく水銀蒸気密度の制御は人為的加熱を主体とした送風扇による冷却を実施すべきである。負荷電流の変化による整流タンク内発生熱の大小は  $dV_a/dI$  により決まるが  $dV_a/dT$  の影響が加わって整流タンクの温度分布は複雑となる。よって整流タンク内発生熱の消化と利用の点でタンク温度分布を考慮して安定運転範囲を拡張せんとせば、陰極ならびに陽極加熱器を必要とする。

次式は整流タンク内発生熱と冷却条件との時間的差の関係を表わしたもので  $H \neq K$  という条件が成立する点が過負荷耐量に関係することになり、設計上考えなくてはならない点である。

$$\frac{dT}{HT - K(T - T_a)} = \frac{dt}{C} \dots\dots\dots(1)$$

これをといて

$$\therefore T = \left( T_0 + \frac{KT_a}{H - K} \right) e^{(H - K)t/C} - \frac{KT_a}{H - K} \dots(2)$$

$$\text{すなわち } = \left( T_0 + \frac{T_a}{P - 1} \right) e^{K(n-1)t/C} - \frac{T_a}{P - 1} \dots(3)$$

$T$  = 整流タンク壁温度 (絶対温度  $^{\circ}\text{K}$ )

$t$  = 時間 (sec)

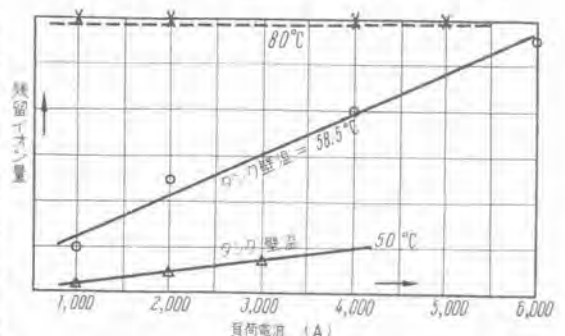
$H$  = 発生熱 ( $\text{W}/^{\circ}\text{K}$ )

$K$  = 冷却係数 ( $\text{W}/^{\circ}\text{K}$ )

$T_a$  = 冷却空気温度 (絶対温度  $^{\circ}\text{K}$ )

$C$  = 熱容量 (ジュール/ $^{\circ}\text{K}$ )

$T_0$  = 初期のタンク壁温度  $H/K = P$  とおく。



18 図 残留イオン量一負荷電流特性  
Fig. 18. Residual ions-load current characteristic curve.



19 図 受電側母線と V.C.B  
Fig. 19. View of A-C bus structure and Porcelain type oil circuit breakers.

もし (2) 式にて  $H=K$  であればすなわち一定負荷が負荷されており冷却空気温度に変化しない場合には  $P=1$  であるから  $t = \frac{C}{K} \times \frac{T - T_0}{T_0}$  ..... (4)

この条件が最大許容条件ということになる。しかし電極間の絶縁耐力および放電現象の点はまた別の問題である。整流タンク壁の  $T$  および  $T_0$  の温度にはそれぞれ上限値と下限値の制限がある。

運転保守の面からみれば放電現象の安定性を希望するので冷却と加熱の問題は起動時と尖頭負荷印加後の冷却すなわちタンク内の電界分布と水銀蒸気の凝縮、熱的平衡の問題を左右することになる。この解決の一方法としては局部的加熱を採用することが便利である。

二重格子構造の回路において第一格子を補助極として使用したのは今回が最初である。そのときの電流波形は 17 図に示すとおりであり、従来の尖頭波電圧を印加したときは消イオン作用の点で著しい差がある。すなわち従来の方式であれば 18 図に示すようにタンク壁温が大約  $60^{\circ}\text{C}$  を限界として  $80^{\circ}\text{C}$  では完全に  $180^{\circ}$  の間残留イオンが存在することを示すのである。

今回の場合、電界分布による消イオン作用が熱拡散により説明される要素を多分に包蔵することを物語る一例として興味深く観察した。

3,000 kW, 1,500 V, 6 タンク方式のように大容量の風冷式イグナイトロンでは冷却空気出口温度は夏季では  $50^{\circ}\text{C}$  に達しそれだけ部屋内の温度が上昇するので換気の問題がおこり、また送風機の騒音および塵埃の点でも諸種の問題が発生して肉体的、精神的疲労の原因となる。かかる問題は風冷式整流器の成長とともに随伴しておきた問題であるためこれを一定限界内におさめるべく各種の努力、考案が払われている。

## 6. むすび

以上は 3,000 kW, 1,500 V, 重負荷公称定格, 6 タン



20 図 3,000 kW イグナイトロン用変圧器 (受電電圧 66 kV)  
Fig. 20. View of 300 kW ignitron transformer in Tachikawa station. (receiving voltage A-C 66 kV)



21 図 イグナイトロン冷却扇  
Fig. 21. Axial flow type cooling fan mounted on the shaft of a vertical motor.

ク方式の日本最初のイグナイトロン整流器の技術上の進歩と現地試験ならびに研究の成果の一部を報告したものである。

現在、国鉄の電車負荷は一列車にても 2,000 kW を超す傾向にあり、整流器一組の容量は 3,000 kW の交換単位を必要とする状況にある。この時にあたり国鉄各位の理解あるご援助により 6 タンク単位器を実用化し得たことは保守上の信頼度の点のみならず、製作上からみても誠に慶賀にたえない。3,000 kW を 6 タンク単位にしたことの効果は並列運転上、または並列タンクとの負荷分担上からみても明かであり、6 タンク方式が理想型であることには異論はないと思う。こうした事実により日本の風冷式整流器技術は一段と進歩し、これが特長を顕揚する結果となったことは明白である。この点国鉄関係各位の功績は実に大きいと思う。

本試験は関係各位のご尽力により実施し得たるものであり、ここに本稿をかりて厚くお礼申し上げますとともに今後とも撓まぬ研究と技術の研鑽に関係者一同、整流器界へのご奉公を誓って擲筆する次第である。

# 最近の継電器とその応用 (その3)

神戸製作所

藤井重夫\*

## The Latest Relays and Their Application

(Part III)

Shigeo FUJII

Kobe Works

Type HCB pilot wire relays are dealt with herein with respect to their principle, construction, operation, features and application in pursuance of the foregoing article.

They are free from defects of old designs and are the most appropriate to the protection of relatively short lines of importance.

### 1. HCB 型表示線継電器

HCB 型表示線継電装置は従来の種々の表示線保護方式の欠点を除去したもので、比較的短距離の重要送電線保護に最適のものである。すなわち保護区間内の短絡故障および接地故障のすべてを僅かに 1 c/s (60 c/s ベース) 内外の高速で検出し、高速の両端同時選択遮断を行わせることができる。しかも短絡および接地故障に対して表示線は一对のみで充分であり、保護区間の各端にはただ 1 箇の可動部を有する 1 箇の HCB 型継電器を設置するだけで保護を行うことができる。この装置は 2 端子保護区間だけでなく 3 端子の保護区間にも適用することができ、また保護区間内に変圧器が含まれているような場合にも適用し得るものである。なお特殊の要求がある場合には同一の表示線によって 1 端からの引外し指令信号を他端に伝達させることも可能である。しかしそのような特殊の適用は大抵の場合保護区間内に変圧器が含まれておりかつ変圧器の高圧側遮断器が省略されているような場合である。

また HCB 型継電器は使用される変流器の特性に対して広い裕度を有しているため、保護区間両端の変流器特性を完全に整合させる必要はなく、またこの装置専用の変流器を設置する必要もない。したがって他の目的に使用されている変流器を併用することができる。

HCB 型継電器は高抵抗接地系への適用をも考慮して接地保護に対する感度はとくに高く設計してあり、変流

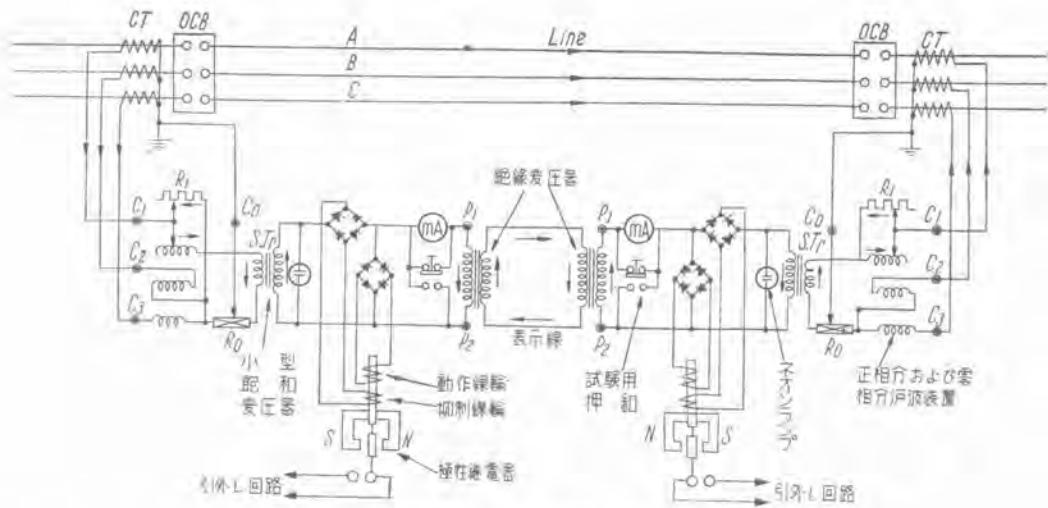
器の残留回路に 0.5 A 以上零相電流が流れれば内部接地故障を検出し得るようになっている。ただしとくに要求がある場合には上記値はさらに 0.2 A 程度まで減少させることができる。

HCB 型継電器は表示線の状態を適時監視するための



1 図 HCB型表示線継電器

Fig. 1. Type HCB pilot wire relay.



2 図 2 端子保護区間に対する HCB 型表示線継電器接続図  
 Fig. 2. Connection diagram of type HCB pilot wire relay for two terminal line section.

リアンメータと試験用押釦とを備えているが、連続的に監視する必要がある場合には監視継電器を付属させることもできる。なお監視継電器が適用される場合にはこれを利用して表示線による遮断器の遠方引外制御を行うことも可能である。

HCB 型表示線保護装置は区間両端の電流のみによって比率差動保護を行うものであるから、系統脱調時に誤動作する恐れがなく、また計器用変圧器を不要とするものである。さらにこの装置は故障電流が区間の一端からのみ供給される場合でも両端を同時選択遮断することのできるもので、内部故障時に無電流端あるいは電力流出端が生じるような場合でも支障なく動作し得るものである。

ア. 構造および動作

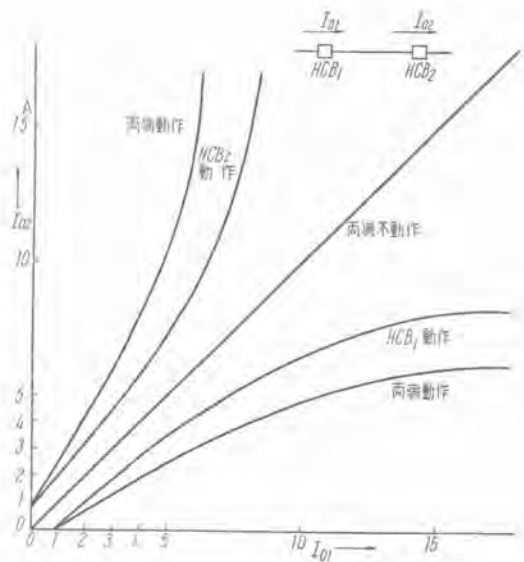
保護区間の一端に必要な装置は HCB 型継電器 1 台とその絶縁変圧器、リアンメータ、試験用押釦各 1 箇および変流器 1 組である。この変流器は他の目的に使用されていても支障はない。HCB 型継電装置を 2 端子保護区間に適用した場合の配列は 2 図に示されたとおりである。

図中変流器二次側の電流は HCB 型継電器の簡単な正相および零相分濾波装置に導入され、その正相分および零相分のベクトル和単相出力はつぎの小型飽和変圧器の一次側に接続される。飽和変圧器の二次誘起電圧は直列整流器および絶縁変圧器を通じて表示線に印加される。他の一つの整流器は絶縁変圧器と並列に接続され、その整流出力は主継電要素の動作線輪を励磁し、前記直列整流器の整流出力は主継電要素の抑制線輪を励磁するように接続されている。したがって保護区間の両端を同一の電流が通過する場合には両端の飽和変圧器は同一値の電圧を誘起し、その結果電流は直列整流器および絶縁変圧器を通じて表示線を環流することとなる、(図示矢印参照)したがって動作線輪にはほとんど電流が流れず、

抑制線輪にのみ電流が流れることとなり、このような状態で動作する恐れはない。

内部故障に際し、もし両端から同一の故障電流が流入するとすれば、両端の飽和変圧器に誘起される電圧は同一値で、互いに相反する方向となる。したがって全電流は抑制線輪および動作線輪に直列に流れて、表示線には電流が環流しないこととなる。すなわちこのような状態では区間両端の継電器は同時に高速度で引外し回路を完成することとなる。

次にもし保護区間の両端を異った電流が通過する場合には両端飽和変圧器の二次には異った値の電圧が誘起され、その結果、差の電流が動作線輪に流れることとなる。この差電流が全抑制電流に比しある程度以上大とな



3 図 比率差動特性 (一線接地故障接続)  
 $R_p=80$   $R_0=1.6$  60 c/s

Fig. 3. Ratio differential characteristic curves.

れば継電器は動作し得ることとなり、比率差動特性を表わす訳である。

さらに故障電流が保護区間の1端からのみ流入する場合には、電流は表示線を環流して両端遮断器の同時遮断を行う。すなわちこのような状態では両端継電器の動作線輪は等価的に並列回路となっているからである。

この装置は比較的少ない電流の範囲では比率差動装置として動作し、大きい電流に対しては飽和変圧器の飽和特性によって方向比較特性を有するように設計されている。

したがって HCB 型継電器は相当に特性差を有している既設の変流器に対しても適用できる訳である。

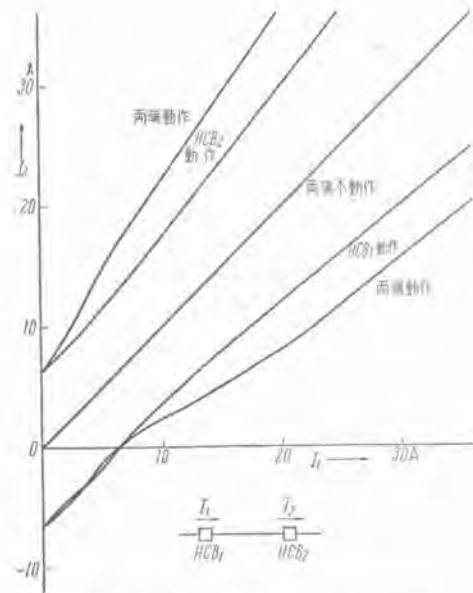
3 図はこの装置の1線接地故障時における比率差動特性の一例を示したものである。なお4 図は2線短絡故障時における比率差動特性の原点近傍を拡大して示したものである。HCB 型継電器は短絡故障に対して、正相分出力を利用している故3相短絡故障時の比率差動特性は4 図に示された値の  $1/\sqrt{3}$  となるわけである。

この装置により表示線に供給される最大電流および電圧はそれぞれ約 100 mA および 60 V であるが正常な状態においてはいずれも上記値の 1/10 以下である。

5 図はこの装置を、3 端子保護区間に対して適用した場合の配列を示している。HCB 型継電装置は内部故障に際して電力流出端が生ずるような特殊の場合でも、流入電力に比較してその値が過大でない限り支障なく保護動作を行うことができるものである。

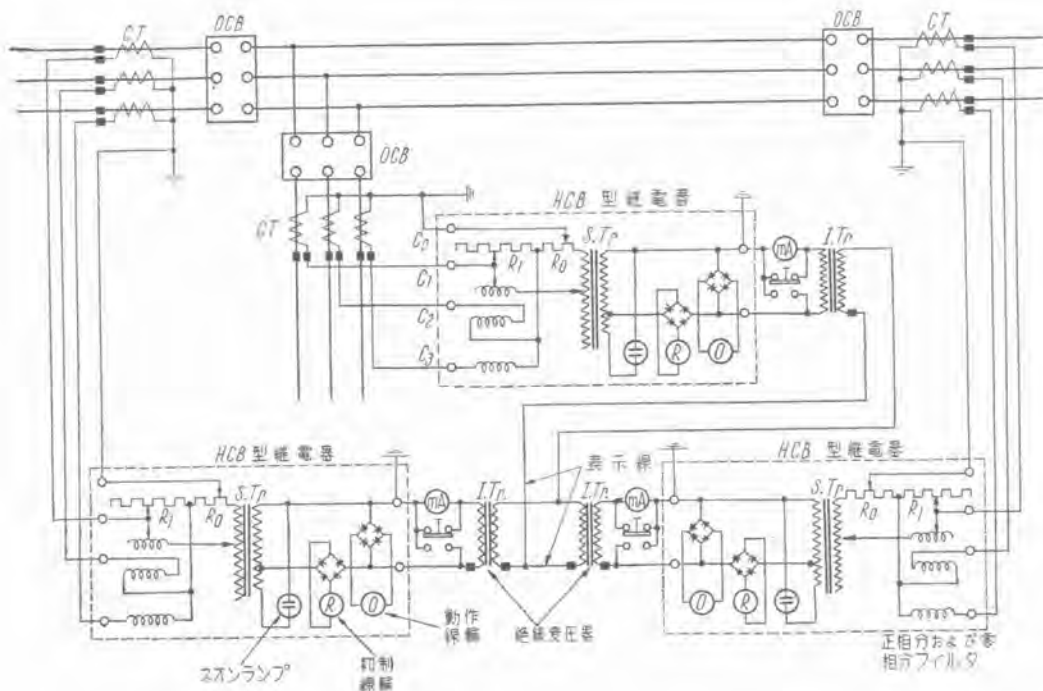
6 図は HCB 型継電器の内部接続図を示したもので

ある。図中  $R_0$  タップは接地保護感度を調整するためのもので標準装置では 1.6 タップが最高感度である。 $R_1$  タップは主継電要素の抑制線輪に並列に接続された調整抵抗器で、故障電流が区間の1端からのみ供給される場合に、両端装置を同一値で動作させるよう調整するためのものである。このタップ値は表示線回路のインピーダンス値により実験的に最良値を選ぶべきである。なお継



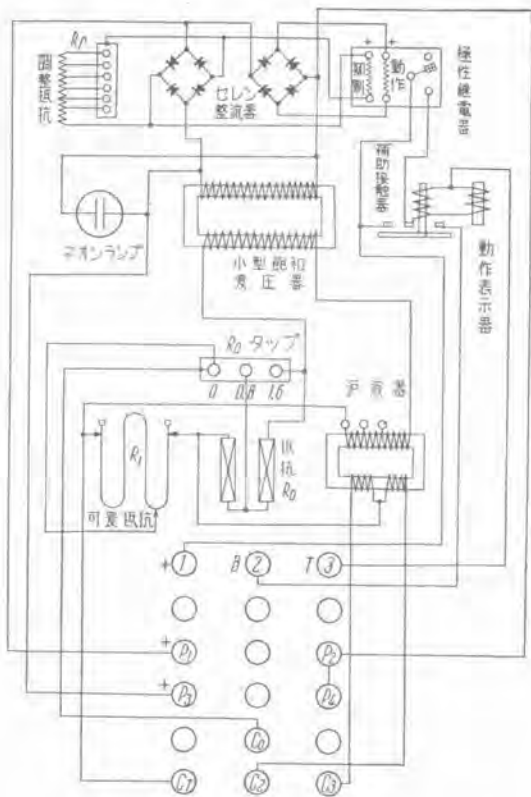
4 図 比率差動特性 (二線短絡故障接続)  
 $R_V=80 \quad 60 \text{ c/s}$

Fig. 4. Ratio differential characteristic curves.



5 図 3 端子保護区間に対する HCB 型表示線継電器接続図

Fig. 5. Connection diagram of type HCB pilot wire relay for three terminal line section.



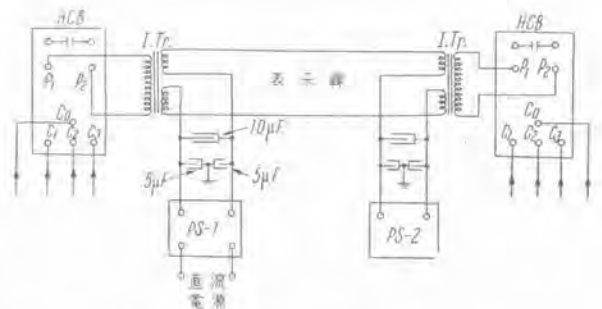
6 図 HCB 型表示線継電器内部接続図  
Fig. 6. Internal connection diagram of type HCB pilot wire relay.

電器の最低動作値は主継電要素の調整ねじによって適当な値を選ぶことができ、同様に総合試験によって所定値に整定するものとする。

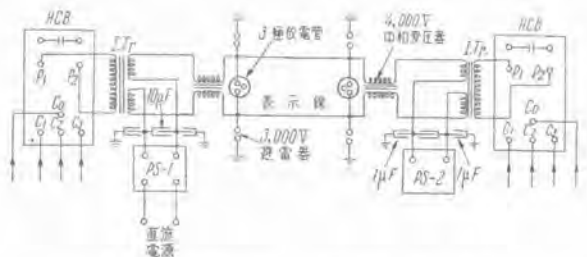
表示線——表示線の往復抵抗値は2端子保護区間の場合、標準型継電器を適用したとき、 $2,000\ \Omega$  以下であることが必要である。3端子保護区間の場合には表示線、各端分岐線のインピーダンスを同値になるよう調整する必要がある（インピーダンス値および位相角共）このためには一般に表示線の1端または2端に平衡用抵抗器を挿入すれば目的を達することができる。3端子区間用表示線の各分岐線毎のインピーダンスは $500\ \Omega$  以下であることが必要でこの値は表示線回路に含まれる中和変圧器とかその他の装置をすべて含んだ値である。最も理想的な表示線回路は雷撃とか送電線からの誘導電圧によって影響を受けることのないように構成されたものであること、また変電所大地間の最大電位差に対しても充分な絶縁度を有していることが必要である。

誘導電圧——HCB 型継電器は絶縁変圧器と組合されており、相当な誘導電圧が表示線に発生しても支障を受けることはないが表示線回路に直列に誘導されるものの値は $15\ \text{V}$  以下でなければならない。この直列誘導電圧を適当な値に抑制するためには一般に2芯撚鉛被ケーブルを使用することが必要である。また使用表示線ケーブルは最大の誘導電圧に耐え得ることも必要条件でたとえ

避雷装置が設置されても誘導電圧によってこれが放電することは許されない、すなわち避雷装置が放電すれば表示線を短絡することとなり継電器動作を阻止するからである。したがって避雷装置は雷撃とか誘導サージから保護する目的にのみ使用されるべきである。表示線回路に自動監視継電器が適用される場合には誘導電圧あるいは変電所間の大地電位差を監視継電器および使用者に対して安全な値にまで制限する必要が生じる。すなわち監視継電器は絶縁変圧器に対して線路側に接続されるからである。誘導電圧が $200\sim 500\ \text{V}$  の場合には7図に示すように絶縁変圧器の中性点を2箇の $5\ \mu\text{F}$  蓄電器を通じて接地すれば誘導電圧を適度に抑制することができる。もし $500\ \text{V}$  以上の誘導電圧が発生する場合には中和変圧器を適用すべきで8図はこの場合の配列を示している。中和変圧器は2巻線型のもので絶縁変圧器の中性点と大地間に接続された2箇の $1\sim 2\ \mu\text{F}$  蓄電器によって励磁される。これらの中和変圧器は常時の環流電流に対してはほとんど損失を与えないが、両表示線に並行に流れようとする誘導電流およびサージ電流に対しては非常に高いインピーダンスとして作用する。したがって誘導電圧および変電所大地間の電位差はほとんど中和変圧器において電圧降下することとなる。これらの中和変圧器は $4,000\ \text{V}$  の電圧を充分中和することができるものである。もし表示線ケーブルの耐圧以上の誘導電圧が発生するような場合には、上記中和変圧器を表示線の両端だけでなく途中にも必要箇所挿入し表示線と大地間にかかる最大



7 図 誘導電圧に対する表示線保護方式  
Fig. 7. Pilot wire relaying for induced voltage.



8 図 中和変圧器および避雷器の接続方式  
Fig. 8. Connection of neutralizing transformer.

誘導電圧を適当値にまで分割することも可能である。

手動監視——1 箇のミリアンメータと試験用押釦とが HCB 型継電装置の一部として付属しているが、これは表示線の状態を任意に手動点検するためのものでその接続は 1 図に示してある。試験用押釦を接点間の中間にある第 1 の位置まで押すとミリアンメータを短絡している回路が開いて表示線に環流する全電流を指示する。つぎに試験用押釦を最終の第 2 の位置まで押すと自端の継電器は短絡されて、他端の継電器によって表示線に環流する電流を指示する。

正常状態では第 2 の読みは第 1 の読みより僅かに少く出る。これはただ 1 箇の継電器による電圧のみが表示線に環流電流を流しているからである。もし表示線のいずれかが断線していればミリアンメータの読みはいずれも零となる。また表示線が短絡していれば第 2 の読みのみ零となるわけである。つぎにもし表示線が高抵抗で短絡された場合には第 2 の読みは零にはならないが第 1 の読みと比較して相当低い値となる。

自動監視——表示線の故障を自動監視する必要がある場合には PS-1 型および PS-2 型監視継電器が適用される。

PS-1 型継電器は表示線回路に監視用の直流電流を供給するために線路の 1 端に設置され表示線の短絡、断線、接地故障を検出することができる。PS-2 型継電器は表示線の他端に設置され表示線の短絡および断線故障を検出する。また PS-2 型継電器は小型直流ミリアンメータを自蔵し監視用直流電流を常時指示するようになっている。

これらの接続は 7 図および 8 図に示されている。監視用直流電流は一般に 10 mA 以下の微小電流で、PS-1 型継電器設置端の蓄電池電源または交流電源より供給するようになっている。

PS-1 型継電器は過電流要素、低電流要素および電流平衡要素の 3 部分よりなり短絡時には過電流要素、また断線時には低電流要素さらに接地故障時には電流平衡要素がそれぞれ動作して故障種別を表示しかつ警報し得るよう構成されている。

PS-2 型継電器は低電流要素とミリアンメータ調整抵抗等よりなり表示線の短絡、断線時ともに低電流要素が動作してこれを表示、警報し得るようになっている。調整抵抗は表示線監視電流を所定の値に調整させるためのものである。

HCB 型継電装置においてももし表示線が断線したとするとこの装置は単なる過電流継電器として動作する故、もし最低動作値以上の負荷電流が流れている状態で表示線の断線事故が発生すればこの装置は誤動作することとなる。したがって一般に HCB 型継電装置の最低動作値は最大負荷電流よりある程度大きく定めるべきであ

る。このためには系統の最小 3 相短絡故障電流が最大負荷電流の約 2 倍以上あることが必要となる。すなわち 2 線短絡故障時には 3 相短絡故障時に比して正相分出力が半減するからである。

しかし系統によっては上記の条件が満足されない場合が生じ、装置の最低動作値を最大負荷電流よりも小さく選ばなければならない場合がある。このような場合には PS-1 型および PS-2 型継電器の断線検出によって両端とも HCB 型継電装置を鎖錠させる必要がある。また両端の HCB 型継電器にそれぞれ時延継電器(約 1 c/s 時延)を付属させ、表示線断線時に HCB 型継電器が誤動作して引外し回路を完成する以前に PS-1 および PS-2 型継電器の断線鎖錠を許すようにすれば、断線時の誤動作を完全に防止することが可能である。

表示線の短絡故障は HCB 型継電装置の動作を阻止するが誤動作の原因とはならない。また表示線の接地故障は 2 線接地にまで発展しない限り装置の保護動作に支障を与えることはない。

HCB 型継電器の電流端子  $C_1$   $C_2$   $C_3$  に接続される変流器二次各相の相回転方向は  $C_1$   $C_2$   $C_3$  の順位とする。

HCB 型継電器の消費 AV は  $C_1$  端子で 5 VA  $C_2$  端子および  $C_3$  端子でそれぞれ 3 VA および 2 VA である。ただし上記値は変流器二次電流が 5 A の場合の値を示したものである。

#### 4. 特長

1. HCB 型継電器は保護区間内の短絡および接地故障のすべてをつねに 1 c/s 内外の高速度で両端同時に選択遮断する。
2. 保護区間内の短絡および接地故障のすべてを保護するためにただ一對の表示線を要するのみである。
3. 保護区間の 1 端からのみ故障電流が流入する場合でも両端の遮断器を同時遮断することができる。
4. HCB 型継電器は変流器の二次電流のみによって動作するから、高価な計器用変圧器を必要としない。
5. HCB 型継電器は両端変流器相互間に相当の特性差を有していても支障を受けないから、既設の回路にそのまま適用することができる。
6. この装置は系統の脱調時に誤動作する恐れがない。
7. HCB 型継電器は 3 端子保護区間に対しても適用することができ、内部故障時に無電流端または電力流出端が生ずるような場合でも各端を同時に遮断することができる。
8. HCB 型継電器はただ 1 箇の可動部を有するのみで保守が容易であり、3 相に対して 1 箇を要するのみである。
9. 必要な場合には遠方引外し制御を行うこともできる。ただしこのために表示線を増設する必要はない。

# ドワイトロイド式焼結機の総括制御

長崎製作所

木内修\*

## Central Controlling of Dwight-Lloyd Sintering Machines

Osamu KIUCHI

Nagasaki Works

To Fukigaoka Sintering Plant of the Yawata Steel Mill was delivered complete electrical equipment for Dwight-Lloyd machines for the purpose of operating all the motors by means of supervisory control from the central room. Various kinds of machines are started and stopped according to a predetermined sequence, and upon occurrence of faults on any of them, the group interlocked to it is at once shut down to prevent furtherance of troubles, simultaneously indicating the state on the illuminated system panel.

Depending upon the kind of material, the chute is remotely controlled to select the material flowing system and to have the speed of the sintering apparatus and that of the raw material feeder conform each other to assure the uniformity of the products in cooperation with an automatic weighing equipment.

### 1. まえがき

原料費、人件費等の上昇に伴ないあらゆる産業部門にわたり企業合理化による製品原価の低減が叫ばれている。

八幡製鉄株式会社においてはこの企業合理化の一端として新にドワイトロイド式焼結工場を新設せられ、機械設備は三菱造船、神戸製鋼、佐世保船舶、久保田鉄工所、電気設備およびこれの据付配線工事は当社でし、昭和28年11月より営業運転を行っている。

この設備は原料の輸送・選別・配合・加熱・製品の選別に至る全工程を2箇所中央制御室より監視制御し、煩雑な作業の連続操作を自動的に行い、保守点検の便と人員の節約を計るものである。

### 2. 焼結機構造の概略

粉鉱はこれを直接に溶鉱炉に装入すると炉の燃焼が不完全となり使用することができないが、適当な割合で配合せられた粉鉱を予め加熱溶着せしめ塊状とし、これを溶鉱炉に装入すれば塊状の鉱石を使用するのと変わらず、きわめて低廉な粉鉱を利用できる。

この粉鉱の加熱溶着処理を行う焼結機は従来回転釜式

のものが多く使用されていたが、これは原料の装入、製品の取出にあたっていちいち運転を停止しなければならない。ドワイトロイド式焼結機はエンドレスの鉄製ベッドの上を粉鉱が移動しつつ加熱溶着せられるので操作は連続的できわめて高能率のものである。

1 図は焼結機の概略構造である。

### 3. 系統の区分

洞岡焼結工場は洞岡湾岸壁に設けられた原料粉鉱の貯蔵場から製品の貯蔵場までを一連のコンベヤにて連絡し、1 表の総数106台の電動機を集中制御している。

このほかホッパ車、ポンプ等約10台の電動機は単独にそれぞれ現場にて操作される。

この複雑多岐にわたる多数の電動機群は原料の選別・輸送系統たるABC系統と原料の配合・加熱・破碎・製品の選別・輸送系統たるD系統とに大別され、ABC系統は第1制御室より、D系統は第2制御室よりおのおの照光制御盤により総括制御されている。

2 図、3 図はABCおよびD系統の照光系統図盤でほぼ実際の機器の配置に則して表示してある。

図中△印のついている所は後述の遠隔操作のシャートおよびゲートが設けられ鉱石の流動系路を選択している。

### ア. A 系統

まず海運により運ばれてきた粉鉱は A 貯蔵場に陸揚げされ、グラブバケットにより No. 1 ホッパに入れられ、No. 2 フィーダ、No. 3 コンベヤにより輸送される。

通常は No. 14, No. 15 振動篩により選別され粉鉱の種類により貯鉱槽の適宜のポケットへ貯えられる。

貯鉱槽が一杯の場合や粉鉱の種類によっては No. 8 シュートを切替え No. 10 ウイングトリップにより B 貯蔵場に一時貯えられる。

### イ. B 系統

B貯蔵場に貯えられた鉱石はやはりグラブバケット

により No. 21 ホッパに入れられ、No. 22 フィーダ、No. 23 コンベヤにより輸送される。

通常は No. 25, No. 26 振動篩により選別され、篩上は No. 33 コーンクラッシャにより破砕され、篩下はそのまま貯鉱槽の適宜のポケットに貯えられる。

また粉鉱の種類によっては、No. 24 シュートを切替えて直接貯鉱槽へ送られる。

### ウ. C 系統

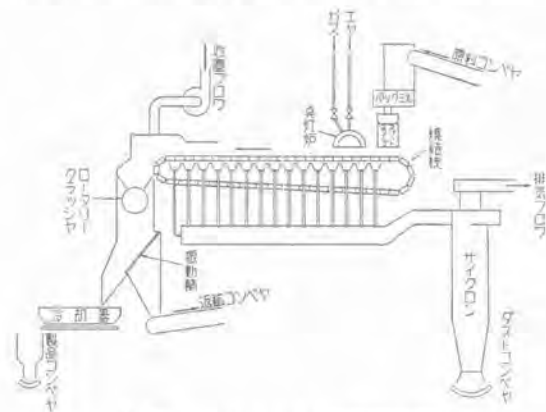
コークスは貨車により運ばれ貯鉱槽に貯えられ、適宜ゲートを開け No. 52 ロッドミルにて破砕された上貯鉱槽の一部に貯えられる。

### エ. D 系統

貯鉱槽の各ポケットへ貯えられた各種原料は No. 74~No. 86 フィーダにより引出し No. 89 コンベヤ上にて配合され No. 99 焼結機に送り込まれる。

粉鉱はこの上を移動中ガスバーナにて点火され、プロワにより燃焼を続け加熱溶着し、No. 100 ロータリークラッシャにより塊状に破砕、選別され製品貯蔵場に送られる。

サイクロンおよび No. 101 振動篩により出た粉鉱は No. 109 返鉱コンベヤにより再び貯鉱槽に戻される。



1 図 Dwight-Lloyd 焼結機説明図

Fig. 1. Dwight-Lloyd sintering apparatus.

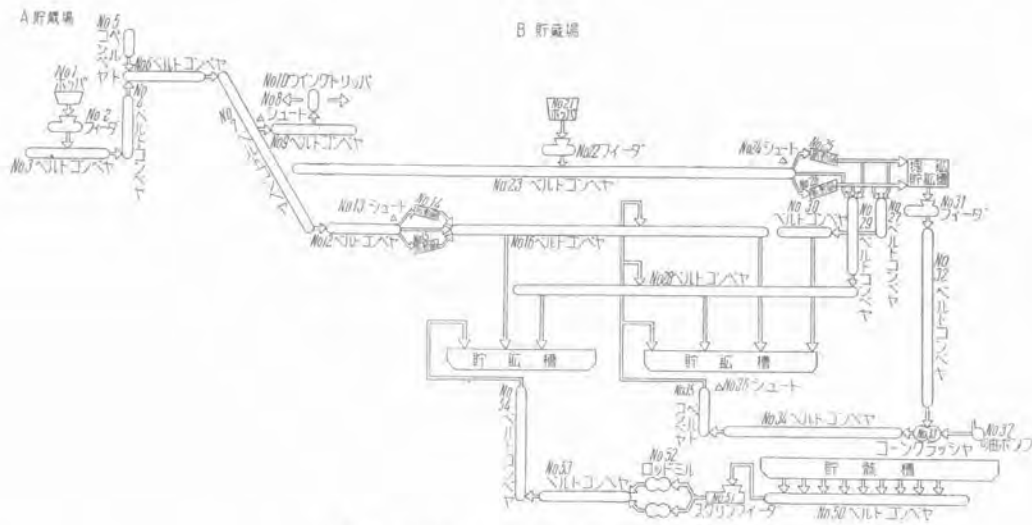
## 4. 基本制御回路

前述の各機器およびこれを連絡するコンベヤ群においては一定の順序で電動機を起動停止せしめることが必要

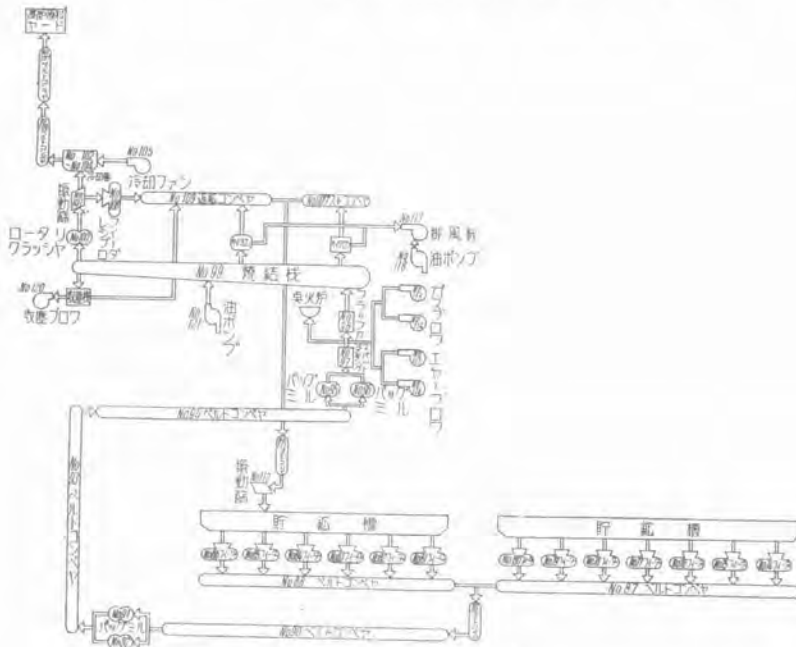
1 表 電動機一覽表

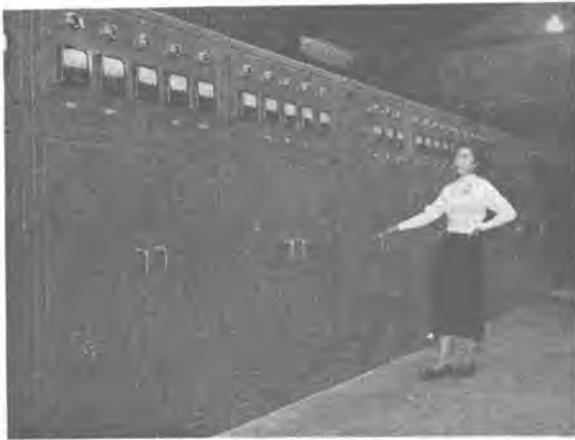
A 系統			B 系統			C 系統			D 系統					
符号	容量 (kW)	用途	符号	容量 (kW)	用途	符号	容量 (kW)	用途	符号	容量 (kW)	用途	符号	容量 (kW)	用途
2	3	フィーダ	22	5	フィーダ	41	0.75	ゲート	61	0.5HP	ゲート	92	60HP*	バグミル
3	3	ベルトコンベヤ	23	15	ベルトコンベヤ	42	*	*	62	*	*	93	20	ベルトコンベヤ
4	2	*	24	0.75	シュート	43	*	*	63	*	*	94	2	*
5	2	*	25	15	振動篩	44	*	*	64	*	*	95	30	バグミル
6	15	*	26	15	*	45	*	*	65	*	*	96	*	*
7	20	*	27	5	ベルトコンベヤ	46	*	*	66	*	*	97	5	スイングバウル
8	0.75	シュート	28	15	*	47	*	*	67	*	*	98	1	フラッパー
9	10	ベルトコンベヤ	29	1	*	48	*	*	68	*	*	99	7.5	焼結機
10	3	ウイングトリップ	30	2	*	49	*	*	69	*	*	100	40*	ロータリークラッシャ
11	5	ベルトコンベヤ	31	2	フィーダ	50	2	ベルトコンベヤ	70	*	*	101	15	振動篩
12	10	ベルトコンベヤ	32	2	ベルトコンベヤ	51	5HP	スタリューフィーダ	71	*	*	102	4	冷却器
13	0.75	シュート	33	75*	コーンクラッシャ	52	125HP*	ロッドミル	72	*	*	103	*	*
14	7.5	振動篩	34	5	ベルトコンベヤ	53	2	ベルトコンベヤ	73	*	*	104	*	*
15	7.5	*	35	2	*	54	2	*	74	1.5	フィーダ	105	70HP*	冷却ファン
16	15	ベルトコンベヤ	36	0.75	シュート				75	*	*	106	2	ベルトコンベヤ
			37	0.5HP	油ポンプ				76	*	*	107	7.5	*
									77	*	*	108	3HP	レンブラフィーダ
									78	*	*	109	2	返鉱コンベヤ
									79	*	*	110	*	ダストコンベヤ
									80	*	*	111	7.5	ベルトコンベヤ
									81	4	*	112	5	振動篩
									82	*	*	113	7.5	ガスブロウ
									83	*	*	114	*	*
									84	*	*	115	*	エアブロウ
									85	*	*	116	*	*
									86	*	*	117	1500HP*	排風機
									87	3	ベルトコンベヤ	118	1	油ポンプ
									88	*	*	119	2	排風管ダンプ
									89	*	*	120	7.5	取塵ブロウ
									90	*	*	121	2HP	焼結機油ポンプ
									91	60HP*	バグミル			

\* は高圧電動機



2 図 ABC 系統照光系統図盤  
Fig. 2. ABC group light system panel.





6 図 ABC 系統低圧電動機盤

Fig. 6. ABC group low voltage motor panel.



7 図 D 系統低圧電動機盤

Fig. 7. D group low voltage motor panel.

により電動機  $M_1$  が起動し、約 10 sec して  $RA 102$  により電動機  $M_2$  が起動する。再び 10 sec して  $RA 101$  が作動すると電動機  $M_3$  が起動し、以下同様にして最終電動機  $M_n$  が起動すると  $RA 106$  が作動して完全運転状態に入る。

コンベヤがスリップあるいは切断すると、たとえば  $M_1$  コンベヤがスリップするとコンベヤのアイドルブーリに取付けた速度開閉器  $SR_1$  が規定速度に上昇せずその接点が開路しないので  $M_2$  コンベヤが起動した時継電器  $RE_1$  が作動して故障停止する。

連動運転中電動機の過負荷、前述のコンベヤのスリップ、切断あるいはコンベヤの継目シュートの異常堆積のような場合はその電動機およびこれより送出側の電動機は即時停止し、照光制御盤には警報ブザーが鳴る。

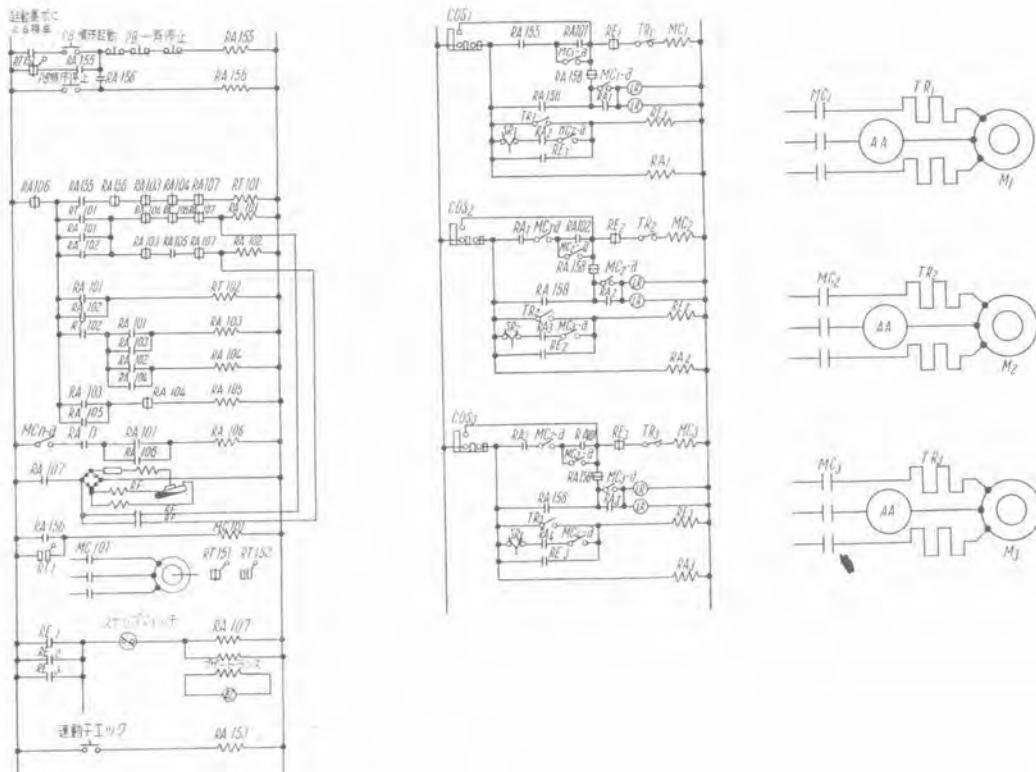
また同時に断続継電器  $RF$  により  $RA 101$ ,  $RA 102$  が 1 sec 間隔で作動し照光系統図盤の故障電動機の表示燈が点滅を繰り返し運転員は一目の下に故障箇所を了解することができる。

停止する場合は順序停止押釦を押すと最終電動機  $M_n$  が即時停止し原料の輸送を停止する。

ベルトの長さおよびベルト速度により考慮して原料が完全に運び去られる時間だけ経過すると限時継電器  $RT 151$  が開路し、他の全電動機は一斉に停止し制御回路は運転開始前の状態に復帰する。

ただしクラッシャ等は別に停止押釦を別箇に設け内部の鉱石が排出されてから人為的に停止せしめる。

単独運転の場合は連動単独切替開閉器を単独ノッチに入れれば起動する。この場合万一照光制御盤より順序起



8 図

基本制御回路

Fig. 8.

Fundamental control circuit.

動せしめても単独運転している電動機の前までしか起動しない。

## 5. 特殊制御回路

### ア. 1,500 HP 誘導電動機の電動二次短絡装置

電動操作式二次抵抗器（液体抵抗器あるいは金属抵抗器）を有する巻線型誘導電動機は運転状態に入ると電磁接触器あるいは起動器により二次側を短絡するのが普通であるが、刷子、スリップリングの磨耗、その間の接触抵抗あるいはリード線抵抗による損失等の点からして短絡環により短絡を行い運転中刷子を引き上げておくことが望ましい。しかしながらそれだけ構造が複雑になるが新に 9 図の如き新機構を用いている。（新案第 406649 号）

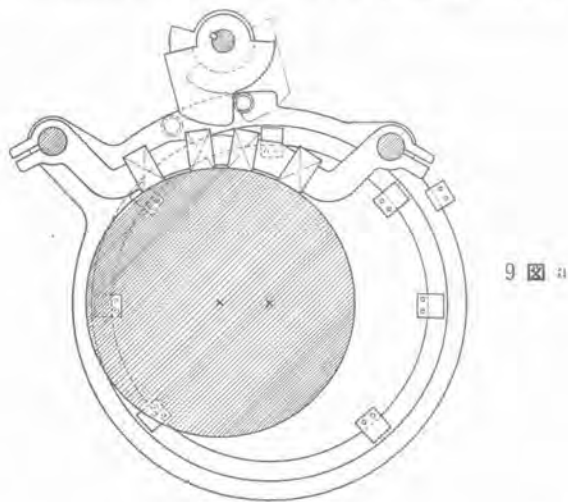
刷子はカムによりスリップリングに押し付けられているのでカムの回転角度が多少狂っても刷子は一定の接触圧力を保つようになっている。

10 図は制御回路および液体抵抗器、短絡装置のインターロック開閉器の作動位置である。

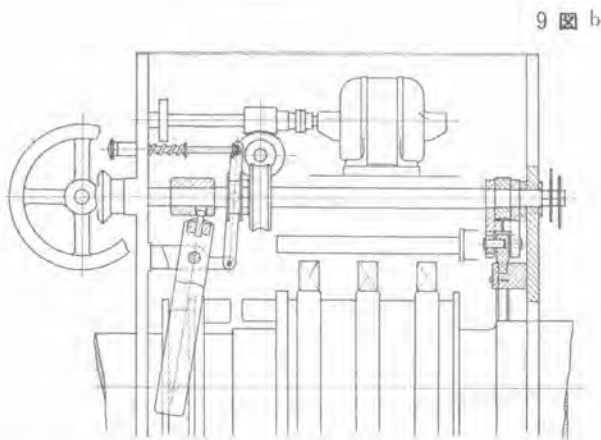
### イ. シュートおよびゲートの遠隔制御

シュートおよびゲートはすべて電動操作により行い遠隔制御されている。

たとえば A 系統の No. 13 シュートは 11 図のように 4 段切替になっており、鉍石は四つの流動径路を取る。照光制御盤上の操作開閉器の小把手を制御盤側に入れ



9 図 a

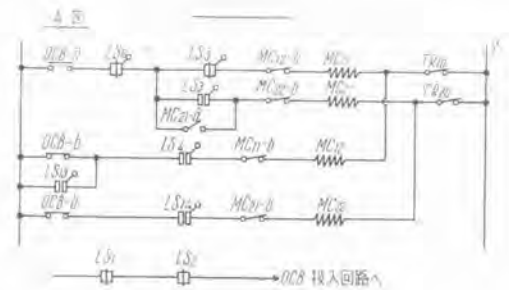


9 図 b

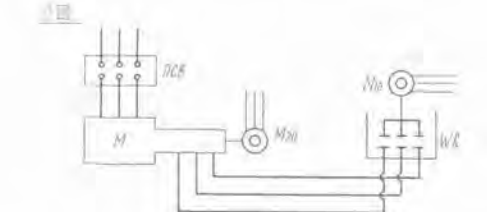
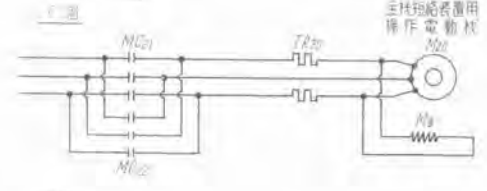
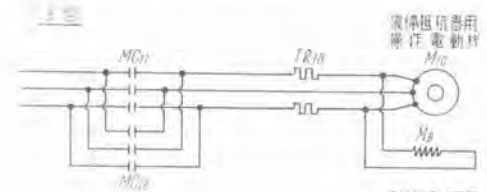
大把手を所望の位置に動かすとシュート操作電動機は回転し、規定位置にくるとシュート軸に取り付けた角度開閉器により操作電動機は停止し、操作開閉器の表示窓は点燈し、シュートが確実に規定位置に移動したことを表示する。

### ウ. 排気ダンパの遠隔制御

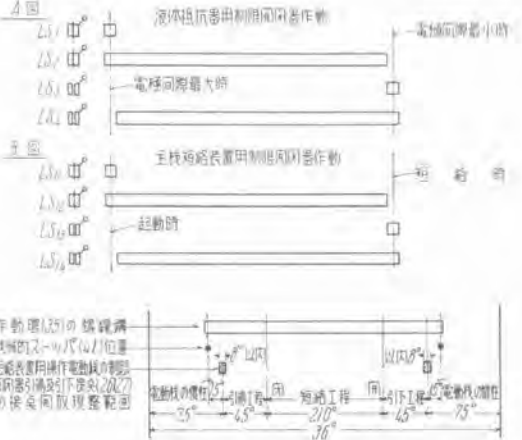
ダンパの遠隔制御は普通制御盤の増減押釦を押し、ダンパ軸に設けたセルシン電動機により制御盤の指示計を見ながら所望角度まで移動せしめるものであるが、今回は制御盤の操作開閉器は二重軸とし所望角度まで開閉器を動かすとダンパは自動的にこの角度まで追従するよう

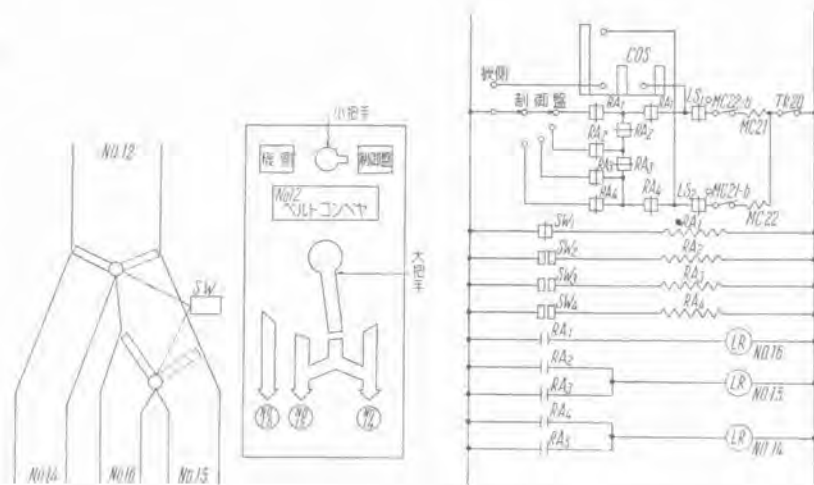


10 図 a



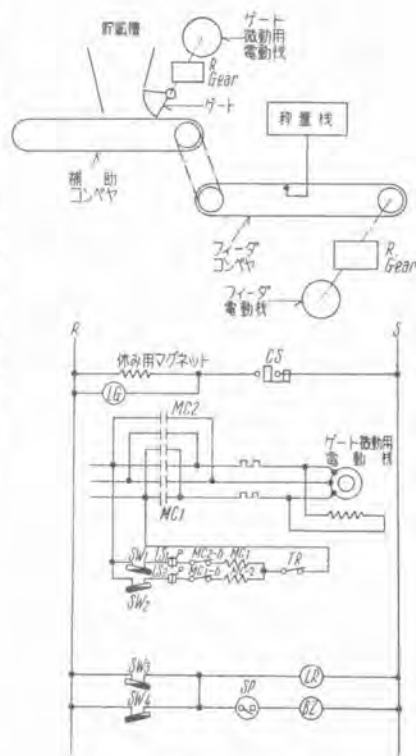
10 図 b



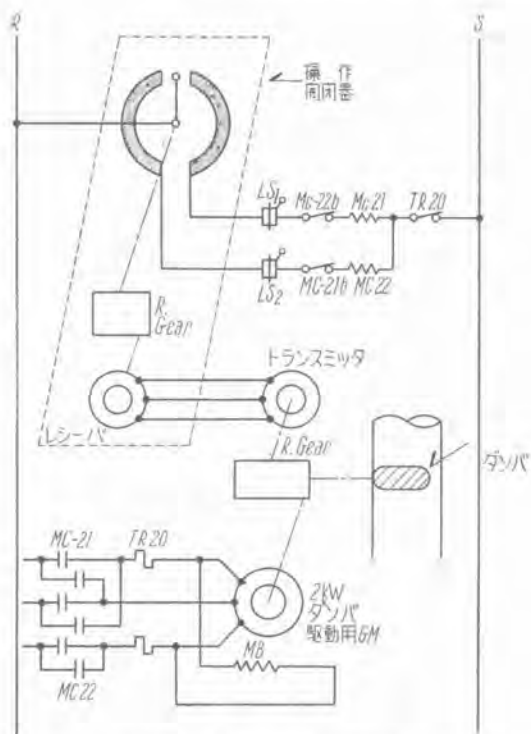


1. No. 12 <ルトコンベヤ> → No. 16 <ルトコンベヤ>
2. No. 12 <ルトコンベヤ> → No. 14 振動篩 → No. 16 <ルトコンベヤ>
3. No. 12 <ルトコンベヤ> → No. 14 振動篩、No. 15 振動篩 → No. 16 <ルトコンベヤ>
4. No. 12 <ルトコンベヤ> → No. 15 振動篩 → No. 16 <ルトコンベヤ>

11 図 シュート開閉器および制御回路  
Fig. 11. Chut switch and control circuit.



13 図 秤量装置  
Fig. 13. Weighing equipment.



12 図 排気ダンパ制御回路  
Fig. 12. Exhaust damper control circuit.

になっている。

ダンパの 90° の回転に対して饋選用セルシは 36 回転するようにしてあるため角度の誤差はきわめて少ない。

### エ. 焼結機、冷却器およびフィーダの速度制御

焼結機に挿入される粉鉱はその原料の種類により配合の割合は最良の値を有しており、各フィーダ電動機は簡便に速度制御を行う必要がある。また焼結機ベッドの移動速度、冷却器の回転速度は粉鉱の焼け具合により速度

制御を行わねばならない、このとき焼結機の速度のみ制御してもフィーダの供給量に変化しない焼結機の所で原料の過不足を生じる。このため焼結機・冷却器・フィーダ電動機はワードレオナード制御とし、自動秤量装置と相まち製品の均一性を計っている。

### オ. 秤量装置

上述のように各フィーダの原料供給量は電動機速度が一定の場合つねに一定の量でなくてはならない。

このためフィーダ上に積載される量をつねに一定に保つ如く規定値の ±5% の誤差を生じると貯鉱槽のゲートを微動せしめて積載量を自動的に加減するようになっている。

また万一誤差が ±10% 以上になると照光制御盤にブザーおよび警報燈により表示する。

なお照光制御盤にはおのおのフィーダの瞬間輸送量、記録輸送量および積算輸送量の計器が設けられ作業実績はつねに監視することができる。(秤量装置は久保田鉄工所納入)

## 6. むすび

以上の如く今回設置せられた焼結工場は高能率の機械設備、制御装置および監視計器の集中配置により人員の節減、製品の品質向上に一段の飛躍を計るものである。

今後さらに制御器具の改善、監視計量装置の発達とともに完全なる無人制御の域に努力したいものである。

最後に種々協力ご援助賜った八幡製鉄を始め、関係各社の方々に厚く謝意を表す。

# 整流子回転子故障検出装置

名古屋製作所

白田長一\*・梶谷定之\*

## Testing Equipment for Commutator Type Rotors

Choichi USUDA · Sadayuki KAJITANI

Nagoya Works

A stator provided with a special exploring coil is used with a commutator type rotor to be tested. An oscilloscope is connected to the output terminals of the exploring coil and the rotor is driven by a separate motor with d-c excitation on the stator. Wave forms visible on the oscilloscope readily tell what is happening in the rotor any troubles and what kinds. This is the principle of the testing equipment which was already found successful in the case of cage type rotors. It is also applicable visual tests on the operating state of a short circuitor of commutator installed on a repulsion start single phase induction motor.

### 1. まえがき

交流あるいは直流電動機に用いられる整流子回転子の試験として従来から行われている主な方法は二つある。

一つは整流子回転子に一定電圧を加え整流子片間の電圧を一つ一つ測って異常の有無を確かめる電圧降下試験法であり、他の一つは試験用固定子内に被試験用回転子を入れ一次側の固定子巻線に高周波電圧を加えて二次側に相当する回転子巻線の誘起電圧を回転子位置をいろいろ変えつつ測定し異常の有無を検出する高周波試験法である。ところがこれらの方法は1台の試験に手数を要し試験時間が大である点、作業者による測定誤差が入り易い点、また故障の種類を明示しさらに今一つ感度の高いことが望まれている点に問題が残っている。

また短絡環の試験においては従来から適切な方法が見出されず適確な試験法が望まれていた。

これらの点を解決するため先に試作し好成績を収めたカゴ形回転子故障検出装置と同じ原理を用いて整流子回転子の試験装置を試作した所極めて良好な結果を得ることができた。

### 2. 装置の概略

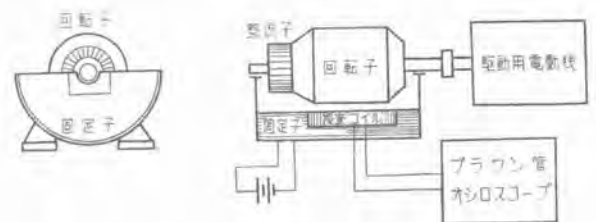
装置の概略についてはカゴ形回転子故障検出装置とほとんど変りはない。1図に示すようにに捜査線輪を巻いた試験用固定子に被試験用回転子を組立て、回転子を外部から他の電動機で回転せしめる。固定子は直流で励磁し、捜査線輪はブラウン管オシロスコープに接続しておく。回転子故障の検出はこのブラウン管オシロスコープのオシロ波形を直視することによって行われる。

なお固定子巻線が4極以上のものでは2極を残して他は取除き固定子枠の上半分を除去して置けば、構造を簡略にし試験操作を一層容易ならしめる。このために感度が低下するようなことはない。また駆動用電動機にはブレーキ付モータを用い起動停止を敏速にして試験時間の短縮を図っている。

### 3. 原理

捜査線輪は磁極の中心に近いある一つの固定子鉄心歯に巻いて置く。被試験用回転子を試験用固定子に組立てた後、回転子を外部モータで駆動し固定子巻線を直流で励磁すると、捜査線輪には固定子磁束と回転子磁束との合成磁束が貫通する。

固定子磁束は固定子巻線の励磁電流によって作られるものであり、これが捜査線輪を貫ぬくときは回転する回転子鉄心の歯と溝の位置変化によるリアクタンス変化のため同一振幅を有する脈動磁束となっている。回転子磁束は固定子磁束によって誘起された起電力のために流れる回転子電流によるものである。これも磁路のリアクタンス変化に伴って脈動しながら捜査線輪を通る。そのた



1図 装置の概略図

Fig. 1. Rough sketch of testing equipment.

め捜査線輪には脈動の誘起電圧が生じ脈動オシロ波形が得られる。この時オシロの掃引回路がモータの回転速度に同期すれば回転子溝数に等しい脈動数を有する静止波形が得られる。

回転子巻線に異常があればその異常の程度種類に応じて回転子電流の回路大きさに変化を生じ、そのため捜査線輪を貫ぬく回転子磁束に変化を及ぼし正常な場合のオシロ波形を攪乱する。

したがってこのオシロ波形の乱れの有無あるいはその程度種類から回転子巻線の異常の有無を検出し、また故障の程度、種類をも判別できるのである。

原理的には先に詳しく述べたカゴ形回転子<sup>1)</sup>の場合となら変りはない。しかしながらこの整流子回転子にあっては回転子が巻線型であるためオシロ波形の構成が前者の場合とよほど様子を異にする。オシロ波形の構成については次項で二三の考察を加えることにするが、このオシロ波形を理論的に実験的に充分考察し各種故障に対する代表的波形を予め分類して置くことによって今後の巻線故障の種類判別に大いに役立つのである。

つぎに短絡環を働かせ、整流子の回転子をカゴ形回転子として試験することによって短絡環の動作状態を調べることができる。すなわち短絡環の短絡不完全はカゴ形回転子導体の断線、高抵抗と同様な現象となって表われる。

また整流子を完全に短絡させて試験すれば、整流子ライザ部分の接続不良が上記と同様な現象となって表われるのでライザ部分の半田付の良否をも検査し得る。

#### 4. 検出法

故障の検出はすべてオシロ波形によって行われるから試験に際してはオシロ波形を充分知って置く必要がある。これは多数の実験例により経験的に知ることができるが理論的にもつぎのような手順によって予知することができる。

- (1) 正常な場合の回転子巻線回路
- (2) 故障による巻線回路の変化
- (3) 回転子の電流分布および回転に伴う電流分布の変化
- (4) 回転子の磁束分布および回転に伴う磁束分布の変化
- (5) 捜査線輪を貫ぬく磁束変化
- (6) 捜査線輪の誘起電圧の変化、すなわちオシロ波形

ここでは以上の手順にしたがって、反撥起動単相誘導電動機 1/2 HP 4P の整流子回転子について (1) 正常な場合の基本波形 (2) 同じ溝内線輪辺の上口と下口の短絡故障 (3) 相隣る整流子片短絡故障の各場合をとり上げて説明する。他の故障についての説明はこれらと大同小異である。

##### ア. 基本波形

整流子回転子故障検出装置・臼田・梶谷

この回転子の巻線は溝数 29 整流子片数 57 で線輪は #1~#8~#16~#23~#2~ というように波巻をなし、すべての線輪は直列に繋って一つの環状回路をなしている。したがって N 極、S 極と相異なる磁極の下にある線輪の誘起電圧は互に相反し打消す方向に働くから起電力は平衡状態にあり、巻線に故障がない限り回転子巻線にほとんど電流が流れない。(実際には溝数巻線遊び線輪の関係上起電力の平衡が得られず僅かに電流が流れている。)

したがって正常な巻線では回転子の作る磁束は僅少で問題はなく、主として捜査コイルを通る固定子脈動磁束がオシロ波形の要因となる。故にオシロ波形は一樣な振幅を有する脈動波形となっている。

回転子巻線に異常が生ずると今まで平衡状態にあった起電力の平衡が破れ、回転子巻線に大きく電流が流れる。この電流によって生ずる回転子磁束が固定子磁束に重畳して捜査線輪を貫ぬく磁束に変化を与えオシロ波形に歪を与えるのである。

##### イ. 同じ溝内線輪辺の上口と下口の短絡故障

同じ溝内の線輪辺の上口と下口が短絡すれば回転子巻線の一つの環状回路を丁度真中で短絡したことになる。したがってこの短絡によって一つであった環状回路が二つに分けられるから、今まで互に打消し合うように働いていた巻線の起電力は今度は互に干渉することなくこの二つの回路にそれぞれ別に相反する方向に電流を流すこ

2 図 同一溝内線輪の上口と下口短絡による巻線回路の変化を示す。

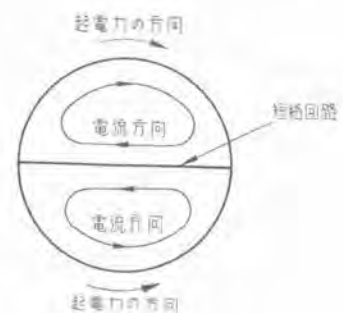
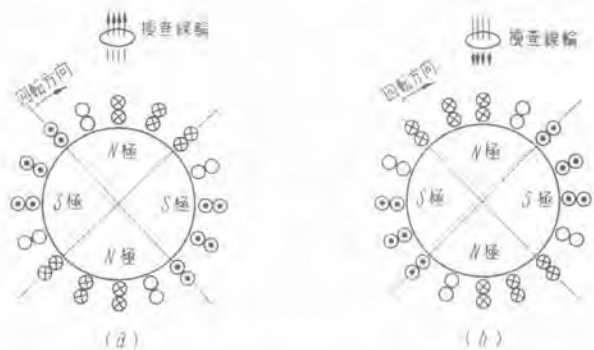


Fig. 2. Illustration of change of winding circuit owing to layer short between upper and lower coil sides in the slot.



3 図 同一溝内線輪の上口と下口短絡時の電流分布。

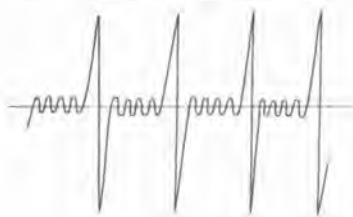
Fig. 3. Graphical view of current distribution at the time of larger short between upper and lower coil sides in a slot.

とができるようになる。(2 図参照) この時の回転子巻線の電流分布を略図に示すと 3 図 (a), (b) の如くなる。すなわち電流の方向が逆になる所が 4 ヲ所あり、これは回転子巻線が 4 極に巻いてあるから巻線間隔をもって 4 ヲ所できるのである。

たとえば #8 溝が上口と下口とで短絡すると概ね #1, #16, #23 溝の所が電流変化の境目となる。そしてこれらの位置によって捜査線輪を貫く磁束の方向が決まってくる。故にこれらの溝が捜査線輪の直下を通過する間に、3 図 (a) から (b) のように捜査線輪を通る磁束の方向が突然変りオシログラムに尖頭波を生ずる。その結果は 4 図のように考えられる。

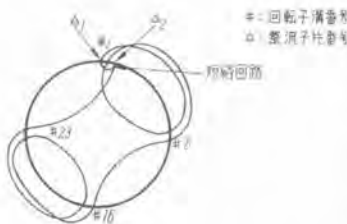
#### ウ. 相隣る整流子片間の短絡故障

この場合は 5 図の如き一つの短絡回路を作る。たとえば #1 と #2 の整流子片間が短絡すると #1→#8→#16→#23→#1 とという一つの短絡回路ができる。この短絡回路が磁極の中心近くにあると常に大きな電流が流れ、そのためこの電流の作る磁束が磁極の中心近くにある捜査線輪を貫いてオシロ波形を攪乱することになる。予想されるオシロ波形は 7 図の如きものである。6 図は捜査線輪を通る短絡回路による磁束の時間的変化を示す



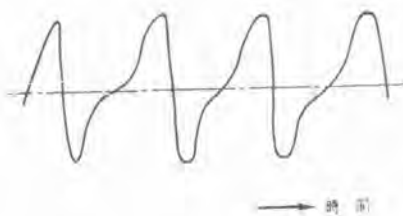
4 図 同一溝内線輪の上口と下口短絡時のオシロ波形。

Fig. 4. Oscillogram at the time of layer short between upper and lower coil sides in a slot.



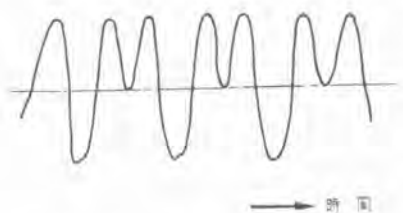
5 図 相隣る整流子片間短絡時の巻線回路の変化を示す。

Fig. 5. Illustration of change of winding circuit due to short circuit between a segment and the next.



6 図 5 図の場合の短絡回路による捜査線輪を通る磁束の時間的変化を示す。

Fig. 6. Change of flux through exploring coil in the case of Fig. 5.



7 図 相隣る整流子片間短絡時のオシロ波形 (6 図から求む)

Fig. 7. Oscillogram in the case of Fig. 6.

したもので、これを時間で一度微分したものが 7 図となる。

## 5. 実験

整流子回転子をこの装置で試験する場合二通りの方法がある。一つは整流子を短絡しないで試験する場合で、これは巻線の短絡故障を調べるのに用いられる。他の一つは整流子を短絡して試験する場合でこれは巻線の断線、巻線からライザへの接続の良否を検出するのに効果がある。なおこの時短絡を短絡環によって行う場合短絡環の試験も同時に行うことができる。

実験は反撥起動单相誘導電動機 1/2 HP 4 P の整流子回転子について最初整流子を短絡しない場合について行い、ついで整流子を銅線で短絡した場合と短絡環で短絡した場合について行った。

また直巻電動機 150 W 2 P の整流子回転子についても実験を行っている。回転子巻線は前者が波巻であるのに対し後者は重巻となつている。

#### ア. 反撥起動单相誘導電動機 1/2 HP 4 P 用整流子回転子

##### (1) 整流子を短絡しない場合

写真 1 1 は正常な回転子巻線を示す。正常な場合は一様な振幅の脈動波形となり脈動数は回転子溝数に等しくなっている。波形の中心線に幾分起伏を生じているのは巻線の遊び線輪の影響と思われる。

写真 1 2, 写真 1 3 は同一線輪中の短絡故障を示す。オシロ波形に尖頭波が表われるが他の脈動波形はまだ残っている。写真 1 2 は同一線輪中 2 線短絡であり、写真 1 3 は同一線輪中の 4 線短絡を示す。

写真 1 4, 1 5, 1 6 は整流子片間短絡故障のオシロ波形を示す。この場合は脈動波形がほとんど消えて大きく乱れた波形となっているのが特長である。

写真 1 4 は整流子片間 1 カ所、写真 1 5 は 2 カ所、

写真 1 6 は 3 カ所短絡の場合である。

写真 1 7 は同一溝内線輪辺の上口と下口の短絡故障を示すもので回転子巻線の極数に等しい数の大きな尖頭波が生ずる点の特長である。

以上の故障波形はいずれも人為的に故障を作つて得られたものであるがつぎの 4 枚の写真 1 8, 9, 10, 11 は実際にあった故障回転子から摘出したものである。写真 1 8, 9 はいずれも同一線内で 1 カ所短絡箇所があり写真 1 10 は同一線輪内で 2 カ所、写真 1 11 は線輪端で層間短絡をなしていた。

##### (2) 整流子を短絡した場合

写真 2 1 は銅線で整流子を充分短絡した場合のオシロ波形である。このときの整流子回転子はコ形回転子に準ずるものとして扱われる。写真 2 2 は短絡環を用いて短絡した時で、この二枚の写真の比較から判る如く短絡環の動作状況はやや不良である。なお 2 1 の波形に幾分乱れがあるのは巻線とライザの間に僅か接触不

ア. 反撻起動单相誘導電動機

(1) 整流子を短絡しない場合

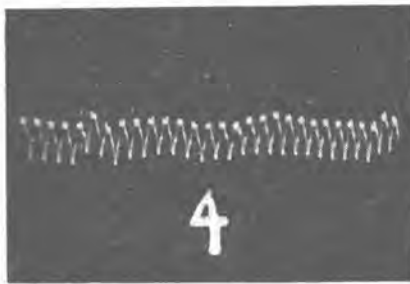
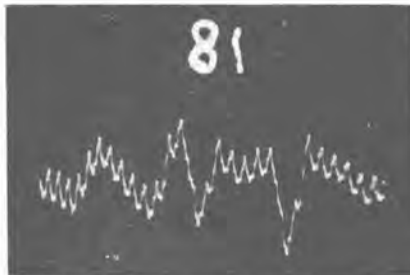


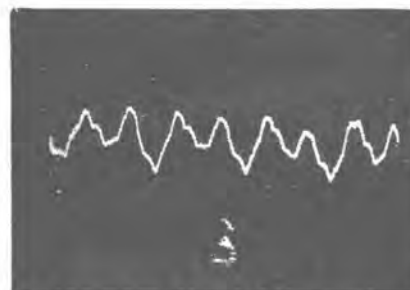
写真 1-1 正常な回転子巻線  
Phot. 1-1. Rotor winding in a good condition.



1-2. 同一線輪内2線短絡故障。  
1-2. Defective rotor winding due to short circuit between two windings in the coil.



1-3. 同一線輪中の4線短絡故障。  
1-3. Defective rotor winding due to short circuit between four windings in the coil.



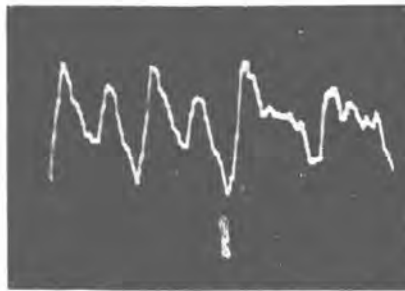
1-4. 整流子片間1箇所短絡  
1-4. Defective rotor due to a short circuit between commutator segments.

写真 1-8~1-11. 製産中にあり得る故障回転子の例。(×印は短絡箇所、|印はセクタメントマイカ)  
Phot. 1-8-1-11. Defective rotors which are detected from productive line.

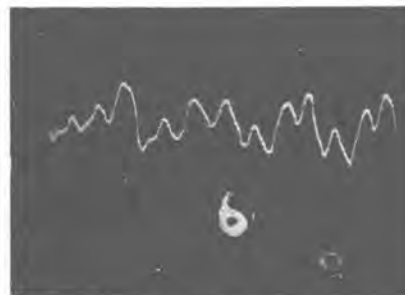
良があるためである。

写真 2-3, 2-4 はライザで数箇所接続不良がある同一

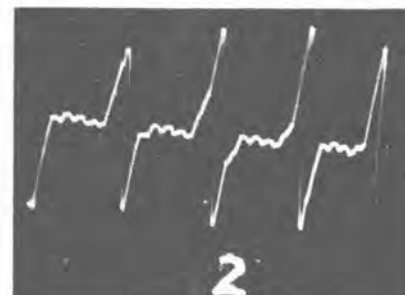
整流子回転子故障検出装置・白田・梶谷



1-5. 整流子片間2箇所短絡。  
1-5. Defective rotor due to two short circuits between commutator segments.



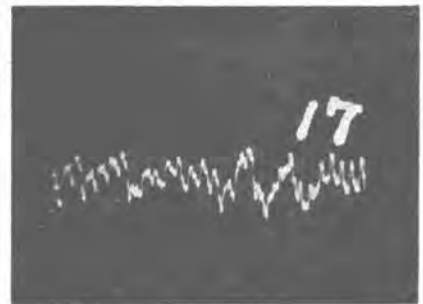
1-6. 整流子片間3箇所短絡。  
1-6. Defective rotor due to three short circuits between commutator segments.



1-7. 同一溝内線輪辺の上口と下口の短絡。  
1-7. Defective rotor winding due to layer short circuit between upper and lower coil in the slot.



1-8. 同一線輪内1箇所短絡故障。  
1-8. A short circuit between winding in the coil.



1-9. 同一線輪内1箇所短絡故障。  
1-9. A short circuit between windings in the coil.



1-10. 同一線輪内短絡2箇所故障。  
1-10. Two short circuits between windings in the coil.



1-11. 線輪端における層間短絡。  
1-11. Layer short circuit between coil ends.

回転子の整流子を銅線と短絡環で短絡したものを示す。この結果でも短絡環の動作はやや不良であることがわかる。写真 2-5 は短絡環の動作不良を示す。

イ. 直巻電動機 2P 整流子回転子

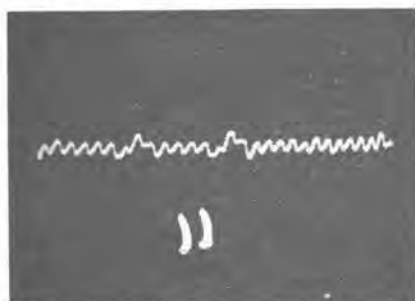
写真 3-1 は正常な回転子のオシロ波形である。

写真 3-2 は整流子片間短絡故障を有するものであり、写真 3-3 は同一線輪内の巻線短絡を示している。

写真 3-4 は同一溝内線輪辺の上口と下口の短絡であり、写真 3-5 は

4溝に跨って線輪が短絡した場合を示している。この回転子では巻線が極数、巻き方、溝数において前者と異つ

(2) 整流子を短絡した場合.



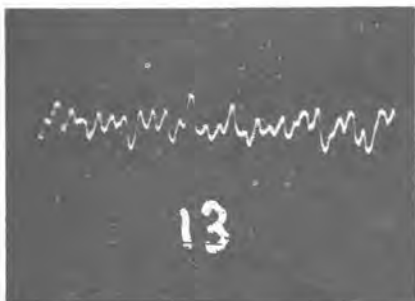
2-1. 整流子を銅線で短絡した場合.  
2-1. Rotor windings when commutator is short circuited by a copper wire.



2-2. 写真 2-1 と同一回転子の整流子を短絡環で短絡した場合.  
2-2. The same rotor winding with phot. 2-1 when commutator is short circuited by a short circuitor.



2-3. 整流子を銅線で短絡ライザで数箇所接続不良のもの.  
2-3. Rotor with high resistance at several risers when commutator is short circuited by copper wires.



2-4. 整流子を短絡環で短絡 (写真 2-3 と同一回転子)  
2-4. The same rotor with phot. 2-3 when commutator is short circuited by a short circuitor.

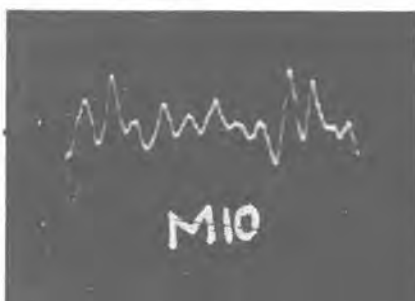


2-5. 短絡環の動作不良を示す.  
2-5. Defective short circuitor.

#### イ. 直巻電動機.



3-1. 正常な回転子巻線.  
3-1. Rotor winding in a good condition.



3-2. 整流子片間短絡故障  
3-2. Defective rotor winding due to a short circuit between commutator segments.

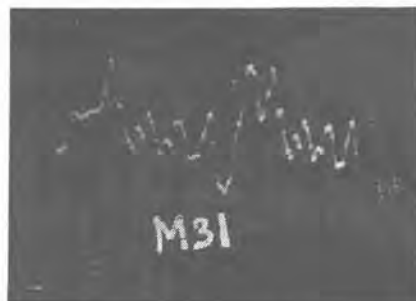


3-3. 同一線輪内巻線短絡故障  
3-3. Defective rotor winding due to a short circuit between windings in the coil.

ている点故障波形にも僅かながら差異を生じている.

#### 6. むすび

最後にこの装置についての特長を



3-4. 同一溝内線輪边上口と下口の短絡故障.  
3-4. Defective rotor winding due to a short circuit between upper and lower coil sides in the slot.



3-5. 4 溝間に渡る線輪間の短絡故障.  
3-5. Defective rotor winding due to a short circuit between a coil and other coils in four slot pitches.

考えて見ると、

- (1) 装置が簡単で操作が容易である.
- (2) 波の数, 波形を直視して判定する故, 検出が容易で判断を誤るようなことはない.
- (3) 故障検出の感度は従来のかかる方法に比しても勝れている.
- (4) 試験時間が短い.
- (5) 不良箇所, 原因が直視できるから故障対策が立て易い.
- (6) 短絡環の動作試験を行うことができる.

以上のようなことがあげられる. この中, 故障検出の感度がよく, かつ容易に不良箇所, 種類を知ることができる所に大きな利点がある. 整流子回転子はカゴ形回転子と異り, 巻線および構造が複雑であって, そのため故障の種類も多い. これら各種の故障を簡単に判別できることは製品の品質維持と向上に非常に資する所が多いと確信する.

つぎに短絡環の動作状況を直視できることはまたこの装置の大きな収穫であった. これによって従来から適切な方法のなかった短絡環の試験に万全を期し, さらにその品質改善に大いに役立つ所があると思う.

#### 参考文献

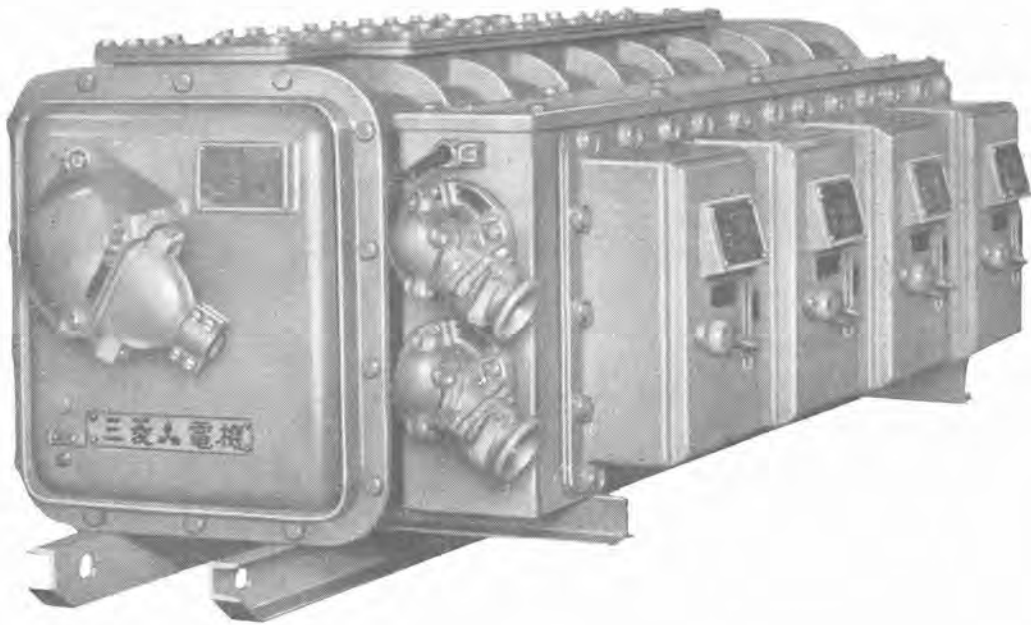
- 1) 三菱電機 No. 8 Vol. 27 1953 白田・梶谷.



# ニュースフラッシュ

磁山の合理化は MPC-150 X 型

## メインパワーセンターで



磁山の機械化が進むにつれて採炭および運搬機械の電動機は容量台数とも増加し、片盤および切羽内の電機品の管理は複雑多岐となる。また切羽の掘進速度も早くこのため変圧器より負荷に到る電線路は長く、このため電圧の変動は増加し電動機起動時の出力不足、電磁接触器投入不能など種々の不具合を生ずる。

これらは本器の採用により解消することができる。

本器の使用による利点下記のとおり

1. 乾式変圧器で油を使用しないため防火設備が不要で点検、保守が容易である。

2. 移動が簡単にできるため切羽近くに設備でき、このため電圧変動が少く安定した運転ができる。
3. 高圧線を深部まで引込むことができ、キャブタイヤケーブルの節約となる。

150 kVA 三相変圧器 耐圧防爆型

一次電圧 二次電圧

3,150 V 440/220 V 50/60 c/s

600 V 225 A 気中遮断器 4 箇付

総重量 1,740 kg

(検定番号 九検第 1970 号(圧))



# ニュースフレッシュ

## 立山ケーブルカー

越中富山に名所が増えました。薬・温泉・ぼたる鳥賊・立山・で有名な富山に北陸地区で始めてケーブルカーが開設されて遊覧名所になりました。この車両、機械一式は当社が受注して去る8月13日から旅客営業を始めております。立山開発鉄道が標語として掲げている「乗物のまま雲表8千尺へ」の一環に当るもので他のケーブルカーにない特色を持っており当社として第1号のケーブルカーでありますのでつぎに紹介いたします。

### このケーブルカーの特色

(1) 日本第3位の急勾配で約半分曲線コースであるほか3分の1以上トンネルであります。第1隧道206m第2隧道351m計557m(全線1,300mの43%)ケーブル線でこんなに長いトンネルを持つ点では日本一であり、総工費は2億5千万円、延12万の労務者を使用したとのことであります。

(2) 付随貨車を連結して2両運転を行います。貨車には6tの観光バスを積んで山上の美女平駅へ運び、そのバスが弥陀ヶ原の有料道路を快走して立山登山路の大部分を座ったままでお客を運ぶわけで、この貨車はまた立山の資源である硫黄や木材も運べる構造になっております。

(3) 特種ブレーキを使用していますのでどんな事故が発生しても数m以内で絶対、確実に停車します。従来の機械的制動方式をやめてわが国初めての空気連動油圧制動方式を採用し、2両連結運転の特異性に合致させてありますから安心して乗車できます。

(4) その他高周波搬送電流式の信号装置や電話装置を持ち、冬期寒冷地帯に対する諸装置を備える等の特色を有しています。

### ケーブルカー要目

延長 約 1,300 m 軌間 1,069 cm  
 高低差 約 506 m,  
 高处標高 975 m  
 最高勾配 560/1,000  
 (29°15')  
 速度 毎秒 2.5 m  
 運転時間 1回 9分



山上駅運転室

車両 客車 80人乗半鋼製自重 9,500 kg  
 貨車 6t バス積載可能自重 5,800 kg  
 巻上機 250 HP 誘導電動機 主索輪 直径 4,200 mm  
 鋼索 直径 42 mm 長さ約 1,350 m

### 製作および工事担当

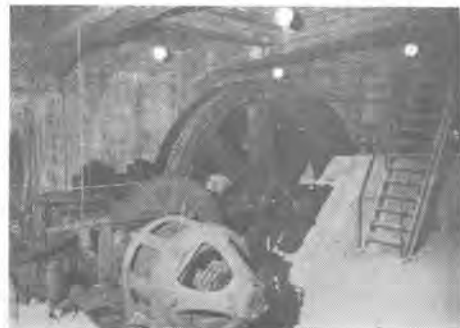
このケーブルカーおよび機械の製作ならびに据付工事等の担当を表示するとつぎのとおりであります。

数量	品名	略仕様	担当
一式	巻上機械および電動機	前述	三菱電機
一式	受電ならび制御器盤		〃
一式	空気連動油圧式制動機	前述	三原車両
一式	ケーブルカー客貨車	〃	汽車会社
一式	搬送式信号装置	〃	日本信号
一式	鋼索		東京製鋼
一式	線路遊車(別途受注)		ユタカ製作
一式	巻上室機器据付工事		三菱電機
一式	工事監督		〃

当社においては第二陣として茨城県 筑波山のケーブルカー(1.6 km) 復旧工事を受注済で目下鋭意建設中でありまして、紅葉のシーズンを前に完成の見込みであります。



外 観



巻 上 機

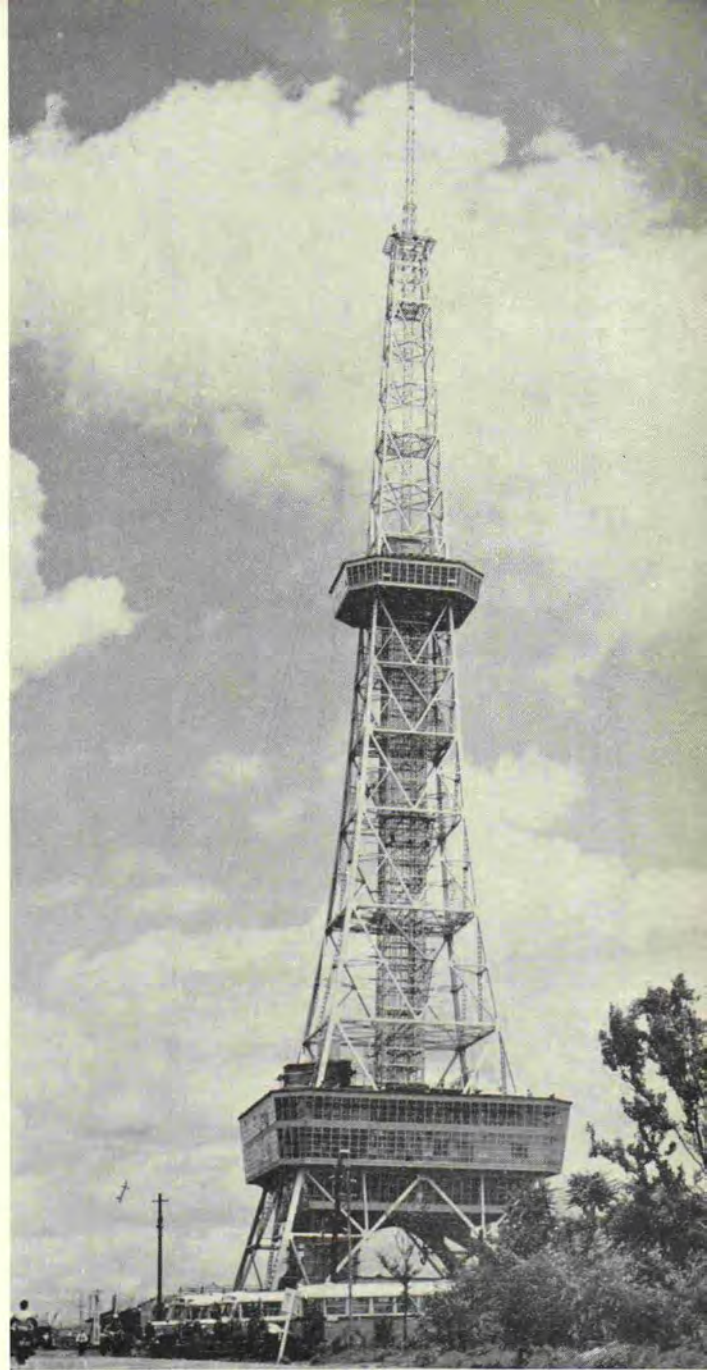
米国 Westinghouse 電機会社との  
技術提携により斯界の  
最高水準を行く

# 三菱エレベータ・エスカレータ

○写真は名古屋テレビ塔（全高 180 m）に  
設置した三菱エレベータ  
設置台数 3 台

## 仕様概要

	1号機（地上より 3階まで）	2,3号機（3階 より展望台まで）
積載容量	20人乗（1,500 kg）	16人乗（1,200 kg）
速度	90 m 毎分	60 m 毎分
型式	直流可変電圧歯車式	同左
昇降行程	20.9 m	67 m
巻上電動機	直流 30 HP	直流 25 HP



昭和 29 年 9 月 27 日 印刷

昭和 29 年 9 月 30 日 発行

「禁無断転載」 定価 1 部 金 60 円（送料別）

## 「三菱電機」編集委員会

委員長 岸本久雄  
委員 浅井徳次郎 荒井 潔 石橋英樹 石黒克己  
市吉惟浩 伊東祐義 市村宗明 大久保夙郎  
岡屋精二 金内幸三郎 川田勝利 小林治一郎  
進藤貞和 渋谷進一 田宮利彦 松田新市  
毎熊秀雄 前田幸夫 松尾米太郎 松岡 治  
宗村 平 森 範 馬場文夫  
幹事 吾郷侃二 成富公一 (以上 50 音順)

編集兼発行人 東京都千代田区丸の内 2 丁目 3 番地 吾郷侃二  
印刷所 東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 大日本印刷株式会社  
印刷者 東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 長久保慶一  
発行所 三菱電機株式会社内「三菱電機」編集部  
電話 和田倉 (20) 1631  
日本出版協会会員番号 213013  
発売元 東京都千代田区神田錦町 3 の 1 株式会社オーム社書店  
電話 (29) 0915・0916 振替東京 20013