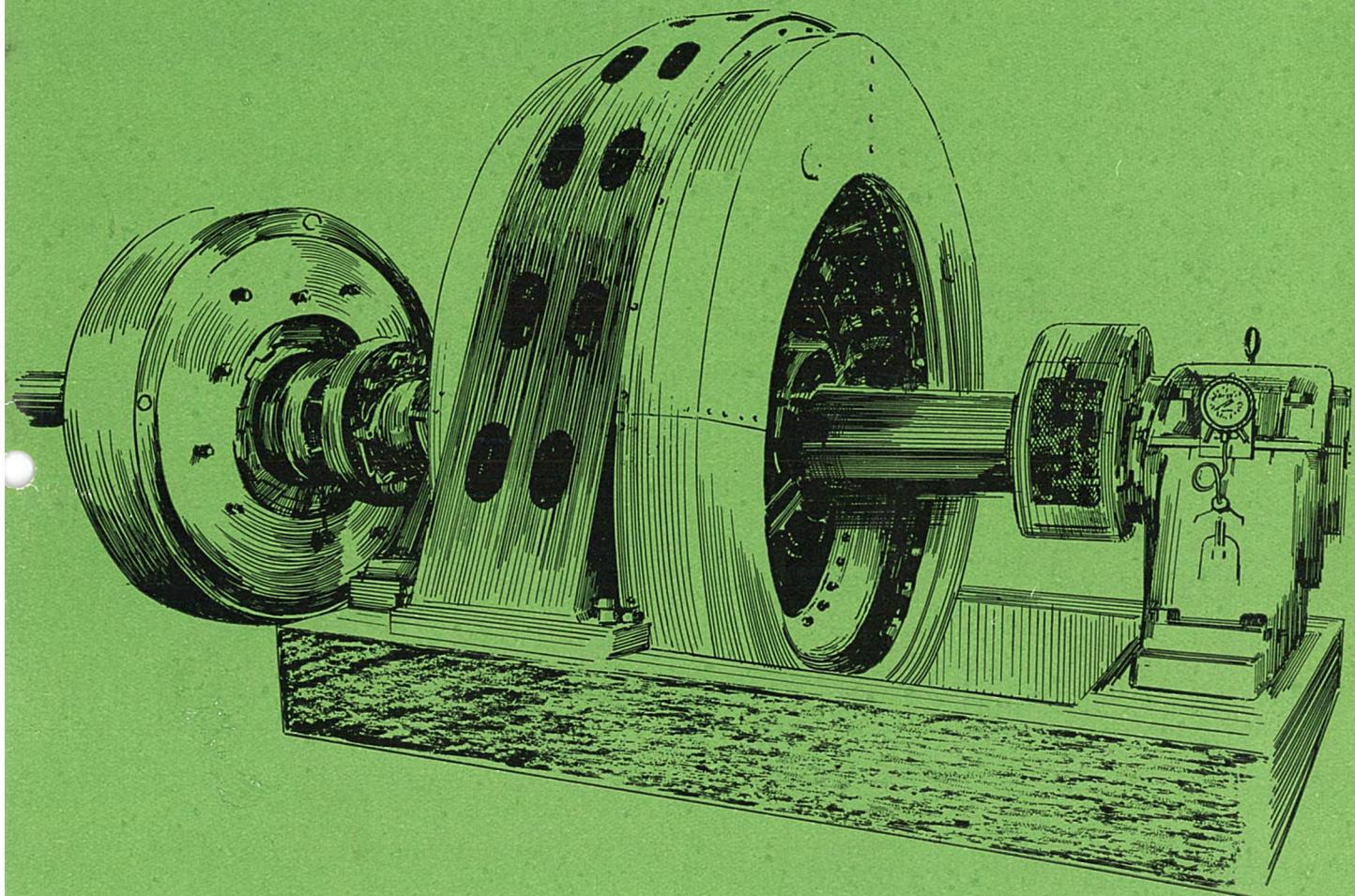


*MITSUBISHI DENKI*

三菱電機



Vol. 29 1955

2

# 1,500kW電鉄用移動変電所完成

当社は南海電気鉄道株式会社のご注文により移動変電所を製作し、昨年末好成績裡に試運転を完了した。

これは交流車と直流車を連結したもので、電圧降下または過負荷状態にある変電所への応援や、予備機のない変電所の事故時に出動して援助するものである。

なお現設変電所の大点検や改修工事および臨時ダイヤ等、必要に応じ現場に出動し応援することができる。

## 特 長

1. 受電電圧が3段切替式であるから、広い範囲で使用できる。
2. 移動には準備作業がいらぬ極めて安全であり、緊急の使用に便利である。
3. 機器はすべて耐震型とし、点検に便利なよう配置してあるから保守が容易である。
4. 運転は自動式で、インターロックも完備しており、一人制御が可能である。
5. 直流車内には監視員が常駐できる設備がある。

定 格 交流側 三相 3 線式 60 c/s 33-22-3.3 kV 納電 1 回線

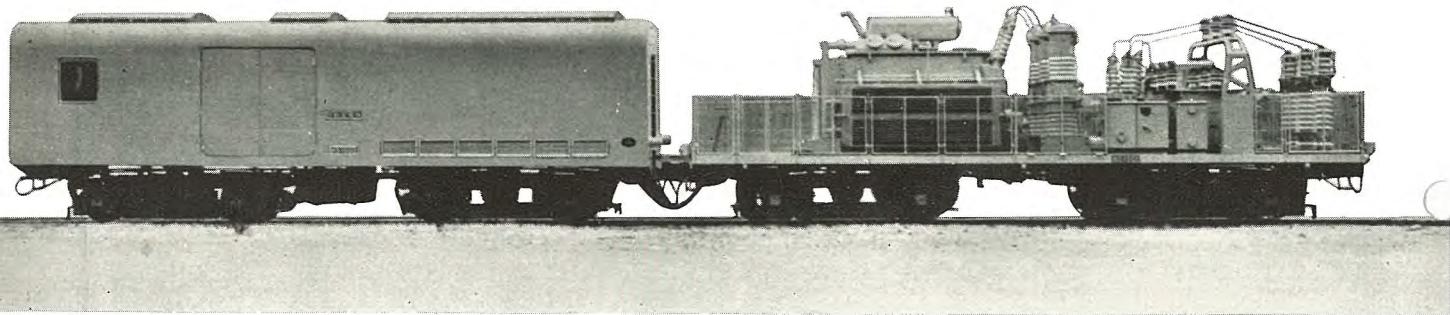
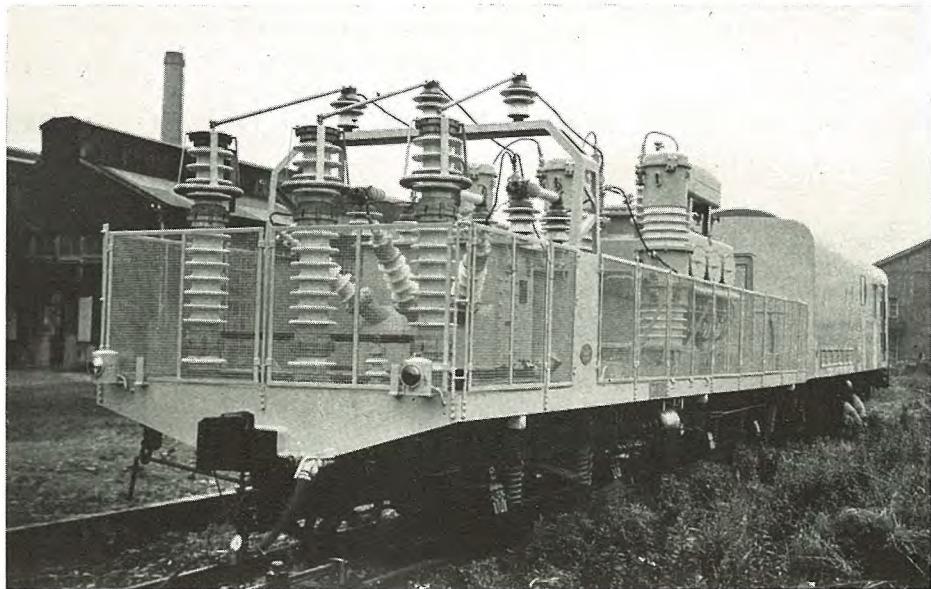
直流側 600 V 1,500 kW 納電 1 回線

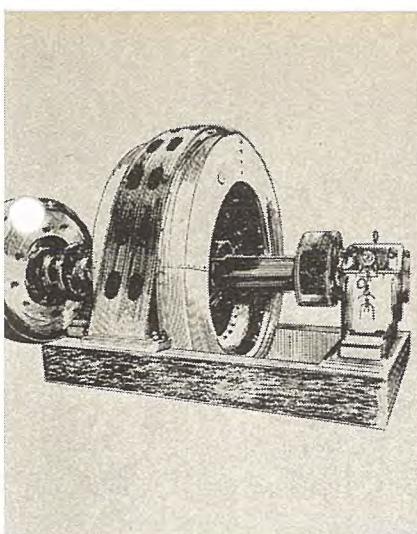
## 主要搭載機器

交流車 主変圧器、碍子型遮断器、避雷器、制御用変圧器、計器用変圧変流器、電力可溶器、その他

直流車 密封式イグナイトロン整流器、整流器制御盤、直流高速度遮断器、遮断器制御盤、主配電盤、無負荷電圧制限抵抗器、移相器、蓄電池、充電器、その他

なお密封式イグナイトロン整流器は 600 V 1,500 kW (1,500 V で 3,000 kW) 12 タンクである。





MITSUBISHI DENKI

# 三菱電機

## 表紙説明

表紙のベン画は当社工場で試験中のセメントミル用 1,000 HP 電磁クラッチ外付の同期電動機である。最近セメント工場における原料粉碎や火力発電所における石炭粉碎など重負荷起動にも多くの同期電動機が用いられるようになった。従来同期電動機は誘導電動機に比し運転時特性がすぐれていても起動特性がいさか劣るという欠点があつてこの種用途には余り用いられなかつたが近来種々起動特性的改良が行われ重負荷起動に対しても電磁クラッチの利用などにより実用上なんら差支えないようになつた。

### 特長

- (1) フリクションライニングの磨耗に応じて空隙の調整は簡単に微細調整ができる。
- (2) 効率をよくするため外径を小にし摩擦面を二面として摩擦トルクの増すよう工夫してある。
- (3) 電動機を無負荷起動させうるので起動補償前または起動リニアタで減圧起動し極力起動電流を低減してある。

## 三菱電機株式會社

### 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

伊丹製作所 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 東京都世田谷区池尻町  
郡山工場 福島県郡山市宇鏡橋町

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 札幌市大通リ西3の5  
(電) (2) 7236・7237

仙台事務所 仙台市東一一番丁 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 高松市南総屋町 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

昭和 30 年 第 29 卷 第 2 号

## 目次

最近の配電盤計器 ..... 岡本孝治 2

最近の継電器とその応用(その5) ..... 藤井重夫 11

汎用電動機生産への品質管理の応用 ..... 大野寛孝・小島正男・臼田長一 16

螢光燈用電動複流発電機 ..... 小山建次・武藤 哲 24

回転対陰極 X 線装置の試作 ..... 今村 元・中村 貢 30

最近の特殊ガラス ..... 立原芳彦・林次 郎 34

ニュース フラッシュ ..... 37

## 品質奉仕の三菱電機

# 最近の配電盤計器

神戸製作所

岡本孝治\*

## The Latest Switchboard Instruments

Takaharu OKAMOTO

Kobe Works

The K-24 instruments are meters of large angle scale, the pointer deflecting 250 degrees. They have a relatively long scale for their outside dimensions, their division marks are inscribed on a slanting surface, and permit clear reading no matter from what angle the light comes. Type S converters, operating on the principle of a current balance system, convert mechanical or electrical quantities to direct currents. Type ID tachometer generators are of induction type with no direct mechanical coupling between their rotor and stator.

### 1. まえがき

最近の配電盤計器の傾向は、第一に広角度計器の使用、第二に種々の物理量を電流に変換してよむ変換機構の進歩である。広角度計器は指針が 250° ふれるもので、外形寸法にくらべて目盛長が長く、占有面積が小さい。すなわち、外形寸法は従来の計器が 140 mm × 140 mm であるに対して 120 mm × 120 mm と小さいが、目盛長は従来の計器の 110 mm に対して 180 mm と逆に 60% 増している。かつ目盛分割線は傾斜面に刻んであるので、光線がどの方向から入っても影ができず、正面から 65° の角度内で 6 m はなれて明瞭によみとることができる。

S 型変換機構は永久磁石可動コイル要素と、摺動抵抗を用いて、水位、回転子温度、回転角度、真空度等を直流電流に交換するものである。構造が頑丈で精度が高い。

最後に回転計の進歩について述べている。最近の水車発電機用回転計、タービン用回転計、車両用速度計はいずれもいわゆる「ノーカップリング」型、すなわち回転子と固定子間に直接機械的連結のないものを用いつつある。この型は機械的な振動、衝撃に強い。

### 2. K-24 型広角度計器

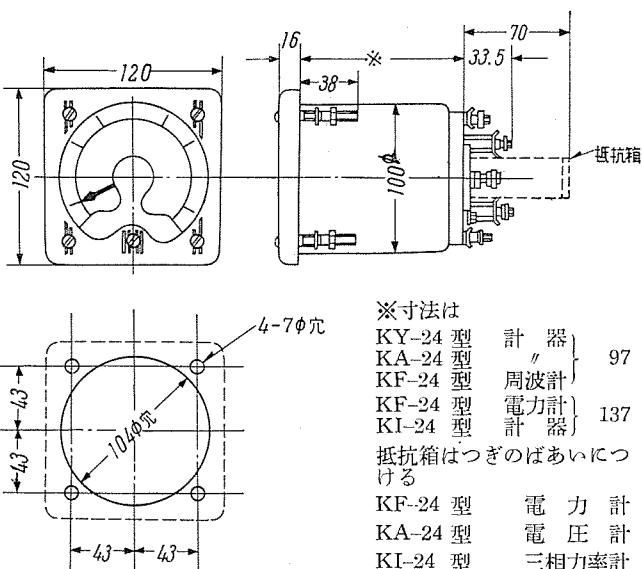
#### ア. 構造

角型埋込型で、カバーの大きさは 120 mm × 120 mm、盤面からの高さは 16 mm、胴は丸胴である。各計器と

も同一の角型カバーを用い、配電盤にとりつけて統一のある調和した構成美が得られ、丸型計器にくらべて著しく盤面を節約できる。確度は JIS-C-1102 の 1.5 級である。1 図に外形寸法図を示している。

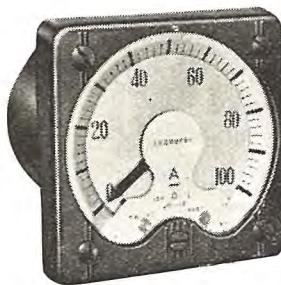
#### イ. KX-24 型直流電流計、電圧計

これは永久磁石可動コイル型である。2 図にその外観



1 図 K-24 型計器外形寸法図および穴明図 (mm)

Fig. 1. Dimensions and drilling plan for K-24 instruments.



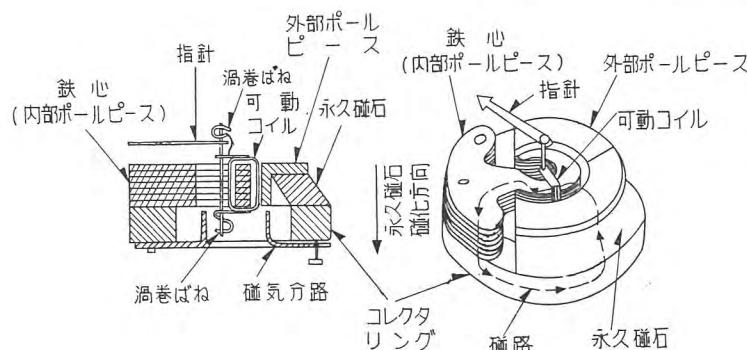
2 図 KX-24 型直流電流計

Fig. 2. Type KX-24  
D-C ammeter.



3 図 KX-24 型  
直流電流計内部構造

Fig. 3. Type KX-24  
D-C ammeter with  
cover removed.



4 図 KX-24 型直流電流計、電圧計内部構造

Fig. 4. Structure of type KX-24 D-C ammeter and voltmeter.

を、3 図に内部構造を、4 図に内部構造断面を示す。磁石部分の組立は二重の円筒型で、外側の円筒は抗磁力の大きいリングの形の永久磁石と、リングの形の外部ポールピースからなる。内部の円筒は鍵型の鉄心（内部ポールピース）である。永久磁石と外部ポールピースはコレクターリングで接続している。外部ポールピースと鉄心の間に可動コイルが回転する。磁石は円筒の軸方向に磁化している。可動コイルに電流が通ると、回転力を発生し指針がふれる。電流計の全振電圧は 50 mV で、電圧計の全振電流は 1 mA である。

全振電流の調整には磁気分路を用いる。磁気分路は円筒型で、外部ポールピースと、コレクターリングの間につけて、磁石から鉄心に入る磁束の量を加減する。

目盛配置の調整には鉄心と、外部ポールピース間の空隙を調整する。そのために横桿機構を用い、鉄心を少し移動できるようにしている。

空隙の磁束密度は約 2,000 ガウス、全振に要する可動コイルのアンペアターンは約 300 mAT、可動コイルのトルクは約 0.35 gr-cm/360° である。

#### ウ. KA-24 型交流電流計、電圧計

これは可動鉄片反発型である。5 図に外観を、6 図に

内部構造を、7 図に内部構造の断面図を示す。フェノーレジンの円筒型の巻枠の外側にコイルをまき、内側に固定円筒型反発鉄片をつけている。可動軸には鉄片をとりつけ、コイルの電流に応じて、固定鉄片と可動鉄片の間に反発力を生じ、軸が回転する。可動軸には制動円板をつけ、制動磁石の磁界内を回転させ、制動している。

固定円筒型反発鉄片は展開すると、目盛の大きくなるにつれて幅を狭くし、反発力を変えている。固定鉄片の形状を適当にして目盛の配置を均一目盛にしている。

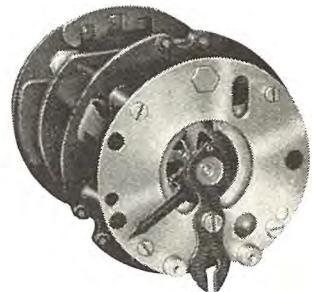
全振目盛の調整には、調整用の吸引ねじを用いる。このねじの長さを加減して、可動鉄片との吸引力を変えて最後の全振目盛を調整する。またねじを極めて短くすれば飽和目盛計器を作ることができる。

電圧計は比較的大きなインダクタンスをもつので、周波数の上昇と共に電流が減少する。これを補償するために、直列抵抗に並列に約  $0.14 \mu\text{F}$  のコンデンサを挿入し



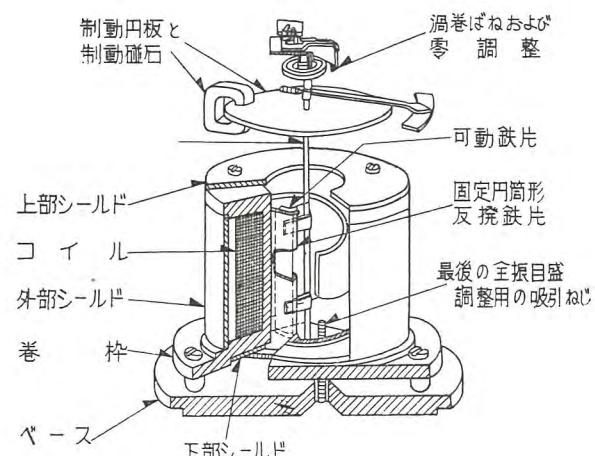
5 図

KA-24 型交流電流計  
Fig. 5. Type KA-24  
A-C ammeter.



6 図 K-24 型  
交流電流計内部構造

Fig. 6. Type K-24 A-C  
ammeter with cover  
removed.



7 図 KA-24 型交流電流計、電圧計内部構造図

Fig. 7. Structure of type KA-24 A-C ammeter and  
voltmeter.

ている。

電流計の全振電流は 5A である。電圧計の全振電流は 150V 目盛のとき A-C-40 mA, 300V 目盛のとき A-C-20 mA である。

## エ. KF-24 型電力計

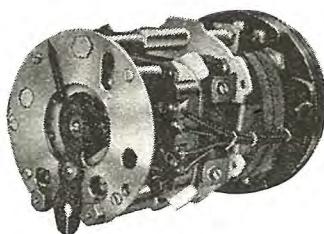
これは電流力計型である。8 図はその外観を、9 図は内部構造を、10 図は内部構造の断面図を示す。鉄心は四角形の鉄板の中央を鍵型に打抜いたもので、鍵型の空隙の根もとに固定コイル（電流コイル）をまいている。空隙を可動コイル（電圧コイル）が回転し、その回転力は電力に比例している。

電圧コイル電流が、回路電圧から遅れる角度と、電流コイルの作る磁束が電流から遅れる角度を等しくして、任意の力率で正確な指示をするように、直列抵抗の半分と固定コイルを直列にしたものに、 $0.1 \mu\text{F}$  の並列コンデンサを入れている。11 図は内部結線を示す。

## オ. KF-24 型周波計

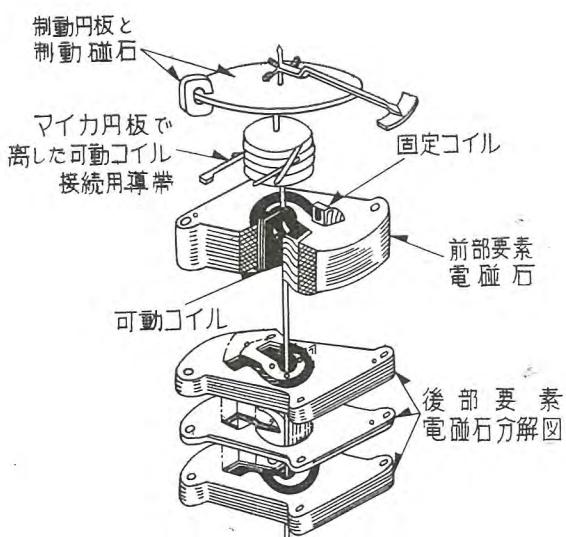


8 図  
KF-24 型指示電力計  
Fig. 8. Type KF-24 polyphase wattmeter.



9 図 KF-24 型指示電力計内部構造

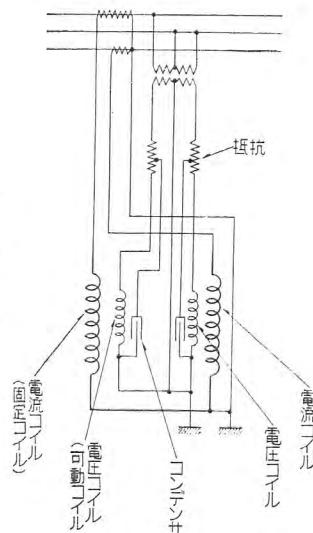
Fig. 9. Type KF-24 polyphase wattmeter with cover removed.



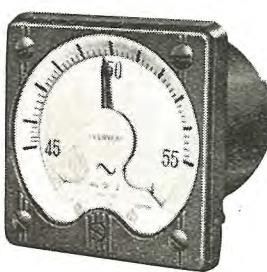
10 図 KF-24 型三相電力計内部構造図

Fig. 10. Structure of type KF-24 polyphase wattmeter.

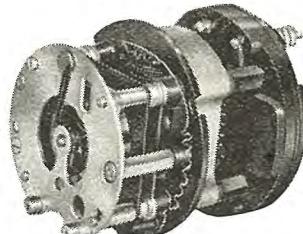
これは周波数ブリッジを用いたもので、周波数の偏差によりブリッジの平衡が破れると、可動コイルの電流の位相が変り、回転力を生じて回転し、可動コイルに誘起する電流の位相が、界磁の磁束と  $90^\circ$  の位相差をもつと、可動コイルは静止する。すなわち自動平衡式の電流力計型である。12 図はその外観を、13 図は内部構造を、14



11 図 KF-24 型三相電力計内部結線図  
Fig. 11. Connection diagram of type KF-24 polyphase wattmeter.

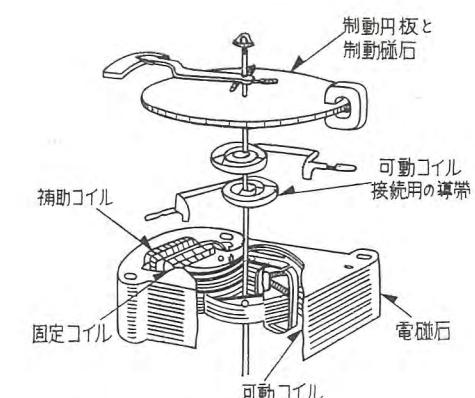


12 図 KF-24 型周波計  
Fig. 12. Type KF-24 frequency meter.



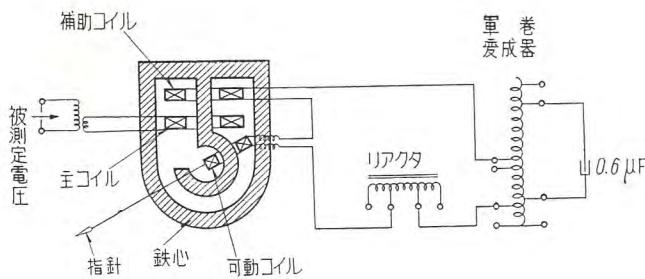
13 図 KF-24 型周波計内部構造

Fig. 13. Type KF-24 frequency meter with cover removed.



14 図 KF-24 型周波計内部構造図

Fig. 14. Structure of type KF-24 frequency meter.



15 図 周波計 内部結線図  
Fig. 15. Connection diagram of frequency meter.

図は内部構造の断面図を示す。

周波数ブリッジの動作について述べる。15図は周波計の内部結線図を、16図はその等価回路を示す。鉄心の鍵形の根もとに、主コイルと補助コイルをまき、可動コイルと補助コイルを直列につないでいる。かつ可動コイル、補助コイルの磁束は相加わる方向にまいてある。単巻変成器の二次側にコンデンサをいれた回路は、一次側からみると容量性に動作する。結局、補助コイルと可動コイルの誘起電圧に対し、リアクタとコンデンサを直列にした負荷をもつ形になっていて、周波数に応じて、可動コイルの電流の位相が変化する。

主コイルの抵抗、インダクタンスをそれぞれ  $R_1, L_1$ ；可動コイルの抵抗、インダクタンスをそれぞれ  $R_2, L_2$ ；補助コイルの抵抗、インダクタンスをそれぞれ  $R_3, L_3$ ；負荷のリアクタ、単巻変圧器、コンデンサを総合してその抵抗、リアクタンスをそれぞれ  $R_4, X_4$  とする。主コイルと可動コイル間、主コイルと補助コイル間、補助コイルと可動コイル間の相互インダクタンスをそれぞれ  $M_{12}, M_{13}, M_{23}$  とする。一次入力電圧を  $E_1$ 、一次電流を  $I_1$ 、二次電流を  $I_2$  とする。

つぎの式が得られる。

$$E_1 + j\omega(M_{12} + M_{13})I_2 = I_1(R_1 + j\omega L_1) \quad (1)$$

$$j\omega(M_{12} + M_{13})I_1 - 2j\omega M_{23}I_2 = I_2 \\ \times [R_2 + R_3 + R_4 + j\omega(L_2 + L_3) + jX] \quad (2)$$

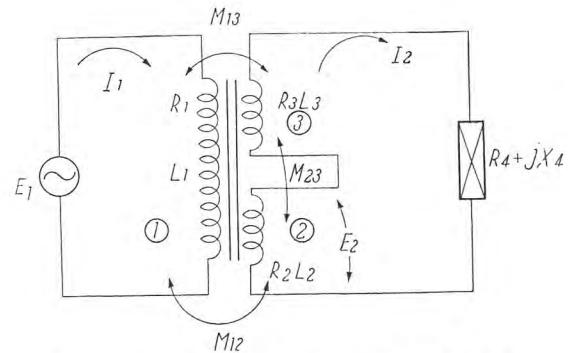
したがって

$$I_1 = \frac{E_1, -j\omega(M_{12} + M_{13})}{0, -[R_2 + R_3 + R_4 + j\omega(L_2 + L_3) + jX + 2j\omega M_{23}]} \\ \frac{R_1 + j\omega L_1, -j\omega(M_{12} + M_{13})}{j\omega(M_{12} + M_{13}), -[R_2 + R_3 + R_4 + j\omega(L_2 + L_3) + jX + 2j\omega M_{23}]} \\ I_2 = \frac{|R_1 + j\omega L_1, E_1|}{|j\omega(M_{12} + M_{13}), 0|} \\ \frac{|R_1 + j\omega L_1, -j\omega(M_{12} + M_{13})|}{|j\omega(M_{12} + M_{13}), -[R_2 + R_3 + R_4 + j\omega(L_2 + L_3) + jX + 2j\omega M_{23}]|}$$

つぎに可動コイルに鎖交する磁束により、誘起する電圧を  $E_2$  とすると、

$$E_2 = j\omega M_{12}I_1 - j\omega(M_{23} + L_2)I_2 \quad (3)$$

可動コイルが静止する条件は、鎖交する磁束  $\Phi_2$  と可動コイル電流  $I_2$  が  $90^\circ$  の位相差をもつことである。しかるに  $E_2$  は  $\Phi_2$  から  $90^\circ$  遅れているから、 $E_2$  と  $I_2$  が同相であれば静止する。 $I_2$  と  $E_2$  が同相である条件を求



1. 主コイル 2. 可動コイル 3. 補助コイル

16 図 周波計の等価回路  
Fig. 16. Equivalent circuit of frequency meter.

めると

$$\frac{1}{\omega^2 C} + \frac{L_2}{x} \cdot M_{13} - y + \frac{y}{x} \cdot M_{13} = L_3 + L_4 \quad (4)$$

ただし

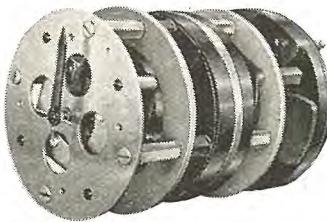
$$\left. \begin{aligned} x &= M_{12}, \quad y = M_{23}, \\ X &= \omega L_4 - \frac{1}{\omega C}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

可動コイルは全振するにつれて、鉄心の根もとから鉄心のさきに回転する。鉄心はさきにいくにしたがい、厚みを減じて、主コイルと可動コイルの間の相互インダクタンス  $x$ 、補助コイルと可動コイル間の相互インダクタンス  $y$  を減じている。(4)式の中で  $x, y$  は可動コイルの位置の函数で  $M_{13}, L_3, L_4$  は可動コイルの位置に関係しない常数である。 $L_2$  は少し変るが  $M_{12}$  の変化にくらべて小さい。平衡状態がくずれて、周波数が増すと、 $1/\omega^2 C$  は減る。それで可動コイルは目盛周波数の大きい方向に振れる。すると相互インダクタンス  $x$  は減るので  $L_2/x M_{13}$  は増し、また相互インダクタンス  $y$  は減るので  $-y$  は増し、その点で平衡する。また可動コイルの回転と共に、 $x$  も  $y$  も同じ割合で変化するので  $y/x$  はほとんど一定である。逆に周波数が減ると  $1/\omega^2 C$  は増し、可動コイルは目盛周波数の小さい方に回転して  $(L/x) \cdot M_{13} - y$  が減じて平衡する。(4)式には  $E_1$  の項は含まれないから、電圧の変動があっても指示に影響しない。

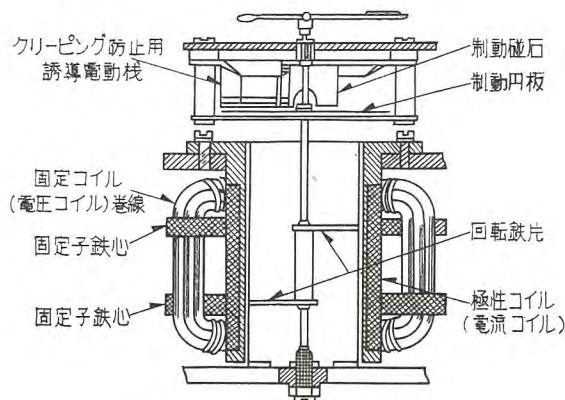
45-55 c/s および 55-65 c/s の目盛を標準としている。誤差は指示範囲の  $\pm 2\%$  である。

#### カ. KI-24 型力率計

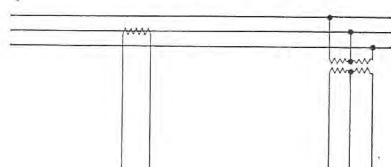
力率計は誘導型で、位相計と同原理である。17図は内部構造を、18図は内部構造断面図を、19図は内部結線を示す。円筒形の巻枠の外側に電流コイル(極性コイル)を同心的にまき、さらにその外側に三相の電圧コイルをまいて、回転磁界を作っている。円筒巻枠の内部にはU型の可動鉄片がある。鉄片の両端はそれぞれ水平方向に磁化され、電流磁界と回転磁界の位相の一致する位置に静止し、力を指示する。



17 図 KI-24 型力率計  
内部構造  
Fig. 17. Type KI-24 power factor meter.



18 図 KI-24 型力率計および同期検定器内部構造図  
Fig. 18. Structure of type KI-24 power factor meter and synchroscope.



19 図 KI-24 型三相力率計内部結線図  
Fig. 19. Connection diagram of type KI-24 power factor meter.

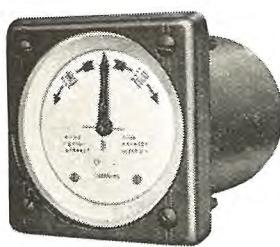
可動部のクリーピングを防止するために、可動軸に制動円板をつけ、クリーピング防止コイルを用いている。定格電圧で、定格電流の 20% から 120% の範囲内で、誤差は力率 1% である。

#### キ. KI-24 型同期検定器

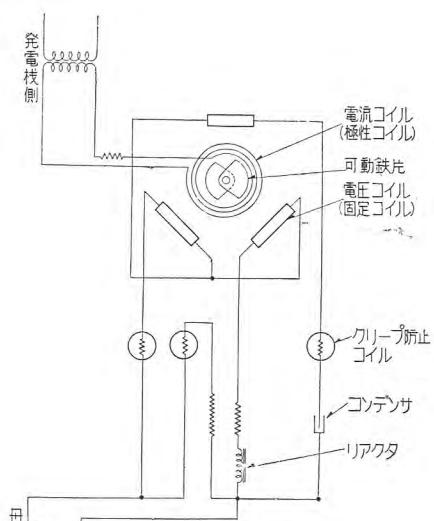
同期検定器は力率計と同じ構造である。20 図はその外観を、21 図は単相同期検定器の内部結線図を示す。同期に入れようとする入力側の電流を、極性コイルに流し、今まで運転中の母線側の電流を、回転磁界コイルに流し同期をみる。引込周波数は 2 c/s である。

### 3. S 型変換器

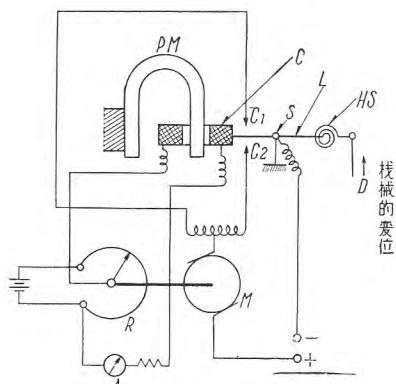
#### ア. 基本形式



20 図 KI-24 型同期検定器  
Fig. 20. Type KI-24 synchroscope.



21 図 KI-24 型単相同期検定器結線図  
Fig. 21. Connection diagram of type KI-24 single phase synchroscope.



22 図 S 型変換器の基本形式  
Fig. 22. Fundamental connection diagram of type S converter.

22 図は S 型変換器の基本形式を示している。図において PM は永久磁石、C は PM の磁極に挿入したコイル、D は変換しようとする機械的変位、HS は D によりねじられる渦巻ばね、S は支点、L は S で支えられ D の運動、したがって HS の運動により動く衡桿である。C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> は接点で L の平衡が破れると C<sub>1</sub> または C<sub>2</sub> の接点を閉じる。M は接点 C<sub>1</sub> または C<sub>2</sub> の接触により右または左に回転する電動機で、その回転により摺動抵抗 R の抵抗値を変化する。A はコイル C と直列に接続されている直流電流計である。可動コイル C による電磁力と、機械的変位 D したがって渦巻ばね HS による回転力とはその方向が反対である。

いま或る機械的変位  $D$  で  $L$  は平衡し,  $C_1, C_2$  はいずれにも接していないとする。 $D$  が上昇すると  $L$  は反時計方向に回転し, 接点  $C_2$  を閉じる。このため  $M$  は回転するが  $R$  の可動腕の位置が変り, コイル  $C$  に流れる電流が増加する方向に動く。したがってコイル  $C$  の電磁力も大となり,  $L$  の平衡は回復し,  $C_2$  は開き  $M$  は停止する。逆に  $D$  が下降すると  $L$  は時計方向に回転し,  $M$  は前とは逆に回転して,  $R$  の可動腕の位置を変え,  $C$  の電流は減少して  $L$  は平衡する。このように  $C$  に流れる電流はつねに機械的変位  $D$  と平衡している。したがって  $C$  に流れる電流を直流電流計  $A$  に流し, あらかじめ  $D$  の目盛を施せば  $D$  を遠隔測定することができる。

この方式の特長は

(1) 電流平衡方式であるので制御電圧の変化の影響をうけない。

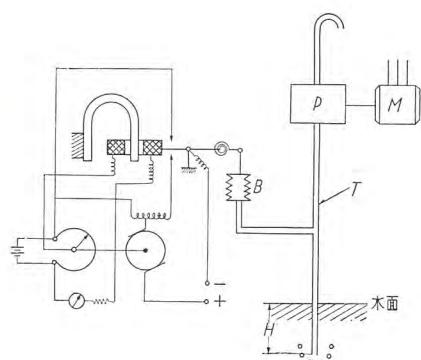
(2) 電子管を用いず, 精度が高く, 寿命が長い。

S型変換器はすべての変位量を直流電流に変換するので水位, 回転角度, 流量等を直線的変位に変換すれば, さらに直流電流に変換できる。この直流電流をそのまま直送すれば遠隔測定ができる。また直流電流を衝流の数に変換すればさらに遠距離の遠隔測定ができる。

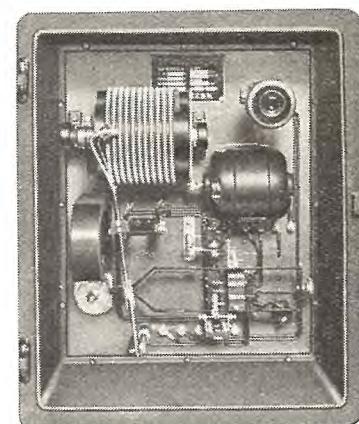
#### イ. F-T-WL 型圧縮空気式水位計

圧縮空気式水位計は水位を圧縮空気に変換し, さらに直流電流に変換して, 水位をよむものである。

23 図にその結線図を示している。図で  $P$  は電動圧縮空気ポンプで, その圧縮空気は管  $T$  をてて水中に放出



23 図 F-T-WL 型圧縮空気式水位計結線図  
Fig. 23. Connection diagram of compressed air type water level meter.



24 図 F-T-WL 型圧縮空気式水位計変換器

Fig. 24. Compressed air type water level converter type S.

される。管  $T$  はあらかじめ水中に立てておき, 最低水位のときにも管の下面が水上にあらわれず, つねに水中にあるようにする。圧縮空気ポンプは最高水位でも必ず空気を放出する能力をもつようとする。空気管  $T$  の水中にある垂直長さを  $H$  米とすると, 管内のゲージ圧力は  $H/10 \text{ kg/cm}^2$  となる。すなわち空気圧力は水位に比例している。空気管の上部から分岐を出してベロー  $B$  により, 空気圧力に比例した変位量に変える。そして S型変換器によりさらに直流電流に変換する。したがって水位に比例した直流電流を得て, 水位をよむことができる。

この水位計の特長は

(1) 水面が氷結しても測定できる。

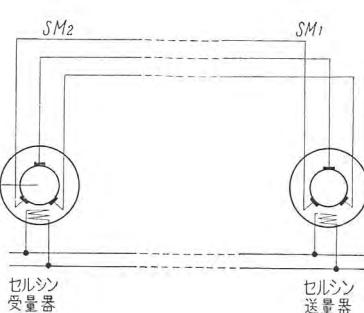
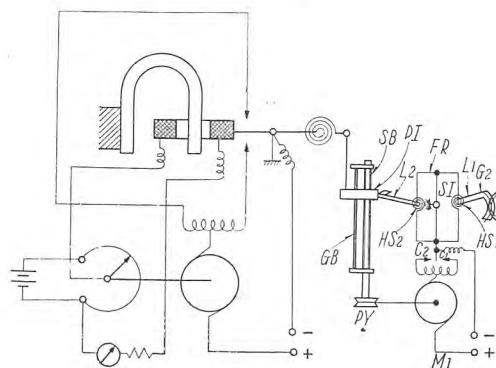
(2) 管を水中にいれてるだけだから, かんたんで頑丈で水中の流木, 不純物により破壊されない。

24 図は圧縮空気式水位計の変換器を示している。

#### ウ. F-ITS 型セルシン式回転角変換器

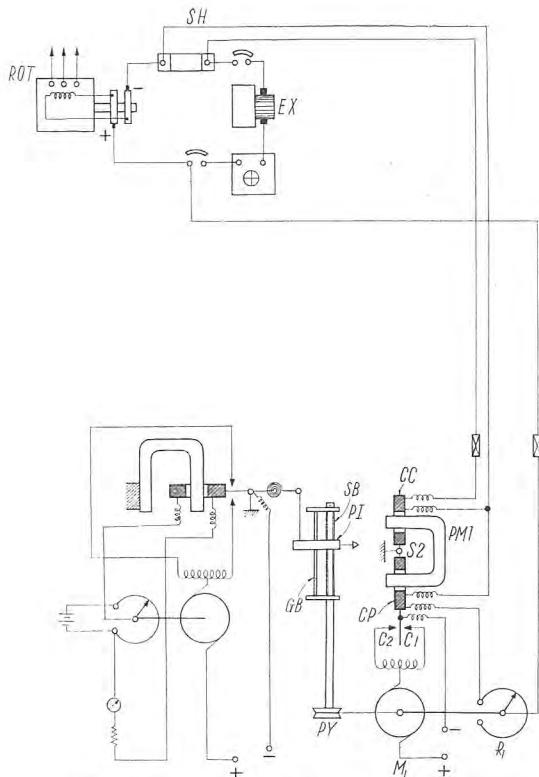
これは回転量をセルシンモータにより伝送し, セルシン受量器の回転角度を直流電流に変換するものである。

25 図にその結線図を示している。図で  $SM_1, SM_2$  はそれぞれセルシン送量器, セルシン受量器である。 $G_1, G_2$  はギヤー,  $L_1, L_2$  は連桿,  $FR$  は平衡桿で  $S_1$  はその支点である。 $HS_1, HS_2$  はそれぞれ  $L_1, L_2$  の回転により  $FR$  に回転力を伝える渦巻ばね,  $C_1, C_2$  は  $FR$  の平衡が破れると閉じる接点,  $M_1$  は可逆回転の制御電動



25 図 F-ITS 型セルシン式回転角変換器結線図

Fig. 25. Connection diagram of selsyn type rotating angle converter.



26 図 F-ITT 型回転子温度変換器結線図

Fig. 26. Connection diagram of type F-ITT rotor temperature converter.

機,  $PI$  は指針ブロックでねじ棒  $SB$ , およびガイド棒  $G$   $B$  が貫通している.  $PY$  はブーリで, ブーリが回転すると,  $PI$  には  $GB$  が貫通しているので, ねじ棒  $SB$  上を上下に移動する.  $L_2$  は  $PI$  と  $HS_2$  を連結している.

いま或るセルシンの角度で平衡しているとする.  $SM_1$  の角度が増すと  $SM_2$  も回転し,  $G_1, G_2, L_1, HS_1$  をへて  $FR$  が時計方向に回転する. すると接点  $C_2$  が閉じ  $M_1$  が回転する.  $PY$  がまわり  $PI$  が下方に移動し  $L_2, HS_2$  をへて  $FR$  を反時計方向に回転し,  $C_2$  は開き平衡する. 逆に  $SM_2$  の角度が減ると  $SM_2$  も逆に回転し, 前とは逆に  $FR$  を反時計方向にまわす. すると  $C_1$  が閉じ,  $PI$  は上に移動し,  $FR$  を時計方向にまわし,  $C_1$  が開いて平衡する. したがって  $PI$  の変位量はセルシンモータの回転角度に比例することになる.  $PI$  の変位を S 型変換器によりさらに直流電流に変換すると, 回転角度に比例する直流電流を得ることができる.

## 二. F-ITT 型回転子温度変換器

これは同期機の回転子温度を直流電流に変換するもので、回転子コイルの抵抗を直線的変位量に変換し、さらに直流電流に変換するものである。

26 図にその結線図を示す。図で  $ROT$  は回転子,  $EX$  は励磁機,  $SH$  は回転子電流に比例した電圧を出す分流器である。 $PM_1$  は永久磁石でその両磁極に  $CC$ ,  $CP$  の可動コイルをさしこんでいる。両コイルは連結していて支点  $S_2$  で支えられている。 $R_1$  は  $CP$  に直列にいれた摺動抵抗である。 $C_1, C_2, M_1, PY, PI, SB, GB$  はイで述

べたのと同じ意味である。

可動コイル  $CP$  には回転子のスリップリング間の端子電圧に比例した電流  $i_2$  を流す。可動コイル  $CC$  には、分器流の端子電圧に比例する電流、すなわち回転子電流に比例した電流  $i_0$  を流す。

$$i_Q = K \cdot I = K \cdot \frac{E}{R_r} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

ただし  $E$  = 回転子回路の端子電圧

$I$ =回転子回路に流れる電流

$R_p = CP$  コイルに直列に接続した抵抗および摺動抵抗の和

$R_r$  = 回転子回路の抵抗

$$K = \text{常数}$$

のとき両可動コイルは平衡する。回転子温度が上昇すると回転子抵抗  $R_r$  が増し、 $i_0$  が減るので

$$i_n \cdot n_n > i_0 \cdot n_0$$

となり、可動コイルの平衡が破れて時計方向に回転し、接点  $C_2$  が閉じ  $M_1$  が回転し摺動抵抗  $R_1$  の抵抗を増して  $CP$  コイルの電流を減じる。すると再び(3)式が成立し可動コイルが平衡する。 $M_1$  が回転するとプーリ  $PY$  を回転して、指針ブロック  $PI$  を下げる。回転子温度が下ると  $R_r$  は減じ  $i_Q$  が増すので、 $i_p \cdot n_p < i_Q \cdot n_Q$  となり可動コイルが反時計方向にまわる。すると前とは逆に  $R_1$  の抵抗が減じて再び(3)式を成立し、可動コイルは平衡し  $PI$  は上る。すなわち  $PI$  の変位は変化した摺動抵抗の値に比例し、したがって変化した温度に比例する。 $PI$  の変位量をさらに S 型変換器で直流電流に変換すれば、回転子温度をよむことができる。

回転子コイルの  $20^{\circ}\text{C}$  での抵抗, 温度係数をそれぞれ  $R_{r20}$ ,  $\alpha$  とする. また  $20^{\circ}\text{C}$  からの温度上昇を  $t^{\circ}\text{C}$  とする.

$$R_r = R_{r,20}(1 + \alpha t) \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

また回転子コイルが  $20^{\circ}\text{C}$  のとき、(3) 式が成立するときの  $R_p$  の値を  $R_{p20}$  とし、 $(20+t)^{\circ}\text{C}$  のとき(3)式が成立するような  $R_p$  の値を  $R_{p(20+t)}$  とする。

20°C のときは

$$\frac{E}{R_{\text{v20}}} \cdot n_p = K \cdot \frac{E}{R_{\text{v20}}} n_q$$

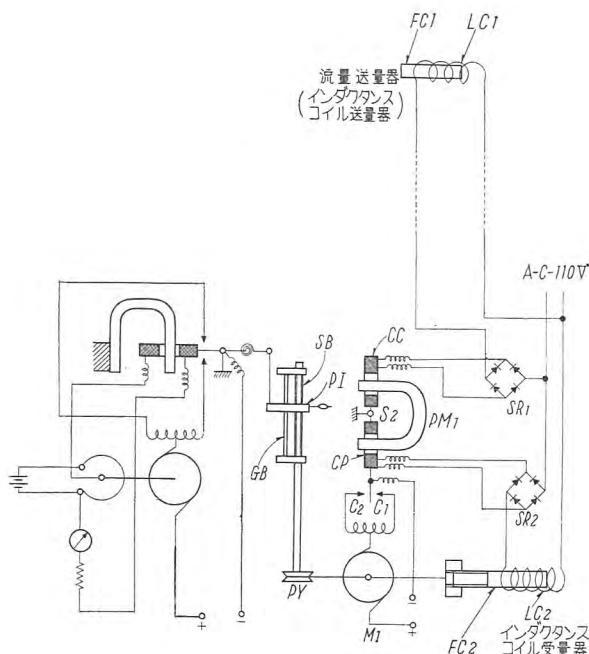
$$\therefore \frac{n_p}{R_{\text{so}}} = \frac{K \cdot n_Q}{R_{\text{so}}} \dots \dots \dots (5)$$

また  $(20 \pm t)^\circ\text{C}$  のときは同様に

$$\frac{n_p}{R_{\text{exp}} \times (1 + \alpha t)} = \frac{K \cdot n_0}{R_{\text{exp}}} \quad \dots \dots \dots (6)$$

(5) (6) 武か?

$$t = \frac{1}{\alpha} \left\{ \frac{R_{p(20+t)}}{R_{20}} - 1 \right\} \dots \dots \dots (7)$$



27 図 F-IT-FW 型流量変換器結線図

Fig. 27. Connection diagram of type F-IT-FW flow converter.

$R_{p20}$ ,  $R_{p(20+\alpha t)}$  を適当に選ぶと、指針ブロックの静止する位置で回転子コイルの平均温度がわかる。(7) 式には  $E$ ,  $I$  の項は含まれないので、電圧、電流が変化しても指示に影響しない。

#### オ. F-IT-FW 型流量変換器

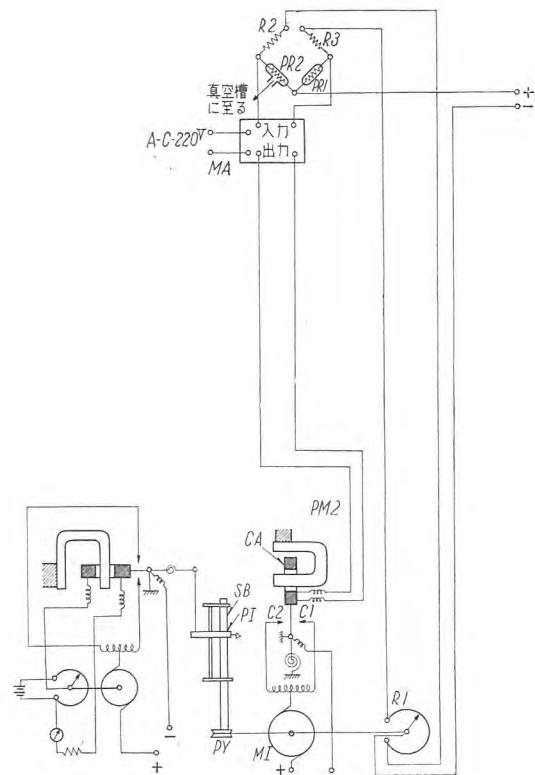
これは流量を直流電流に変換するものである。

27 図にその内部結線を示す。流量は差圧に変換し、差圧によりインダクタンスコイル  $LC_1$  中の鉄心  $FC_1$  を移動させる。 $LC_2$ ,  $FC_2$  は変換器につけたそれぞれインダクタンスコイル、鉄心である。 $SR_1$ ,  $SR_2$  は整流器で、その他の符号はエの場合と同じである。

ある流量で可動コイルは平衡している。流量が増すと差圧が増し  $FC_1$  が  $LC_1$  の中にはいる。すると  $LC_1$  のインダクタンスは増し  $CC$  コイルの電流が減る。可動コイルの平衡は破れ、時計方向にまわり、接点  $C_2$  が閉じ  $M_1$  がまわる。すると鉄心  $FC_2$  が軸方向に、 $LC_2$  コイル中にはいる。すると  $LC_2$  のインダクタンスも増し、 $CP$  コイルの電流も減り可動コイルは再び平衡する。 $M_1$  は  $PY$  をへて  $PI$  を下げる。逆に流量が減ると  $FC_1$  が  $LC_1$  から出で、 $LC_1$  のインダクタンスを減じ、前とは逆に可動コイルは反時計方向にまわる。すると接点  $C_1$  を閉じ  $M_1$  を逆回転し、 $FC_2$  も  $LC_2$  から出るように移動して再び平衡して  $PI$  は上る。したがって  $PI$  の変位量が流量に比例している。 $PI$  の変位をさらに S 型変換器で直流電流に変換する。電圧、周波数が変化しても指示は変わらない。

#### カ. F-IT-VM 型真空度変換器

これは整流器槽の真空度を直流電流に変換するものである。

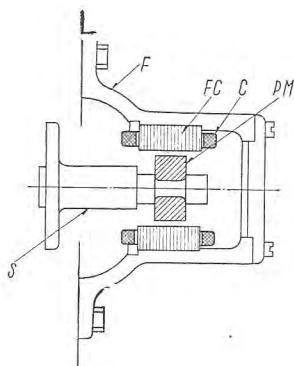


28 図 F-IT-VM 型真空度変換器結線図

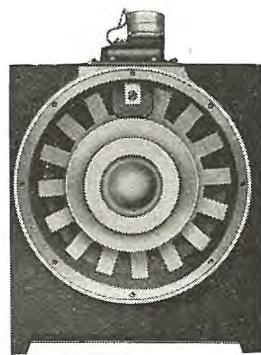
Fig. 28. Connection diagram of type F-IT-VM vacuum converter.

28 図はその結線図である。 $PR_1$  は定真空中に封入された特殊金属抵抗(1号ピラニ管),  $PR_2$  は水銀整流器槽の一部に封入された特殊金属抵抗(2号ピラニ管),  $R_2$ ,  $R_3$  は定抵抗で、これらの抵抗でブリッジを作っている。整流器槽が完全真空状態にあればブリッジは平衡状態にあって、出力電流が零になるように調整してある。 $CA$  は可動コイルで、永久磁石  $PM_2$  の磁極に挿入している。 $MA$  は極性をもつ磁気増幅器でブリッジ出力を増幅して可動コイル  $CA$  に加える。 $R_1$  は  $R_2$  と  $R_3$  の間にいれた摺動抵抗である。

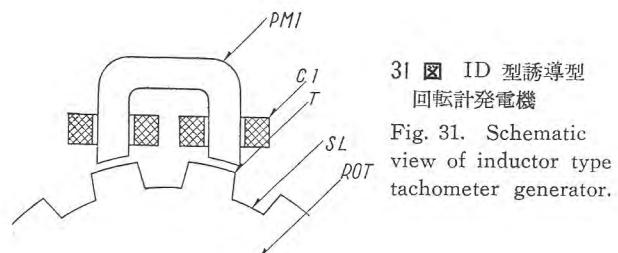
整流器槽が完全真空状態にあれば  $R_1$  を調整してブリッジは平衡状態にあって、出力電流が零になるようにしている。整流器槽の真空が低下すれば、 $PR_2$  の内部抵抗の熱放散が良好になり温度が低下して抵抗値が減少し、ブリッジの平衡を破って出力回路に電流が流れる。これを  $MA$  で増幅して、可動コイル  $CA$  に流す。 $CA$  は時計方向に回転し、接点  $C_2$  を閉じ、 $M_1$  が回転し、摺動抵抗  $R_1$  がまわり、 $R_3$  の直列抵抗が増してブリッジは平衡する。すると  $CA$  に流れる電流も零になり、 $M_1$  は静止する。 $M_1$  は  $R_1$  をまわすと同時に  $PY$  をまわし、指針ブロックを下げる。逆に真空度があがると、 $PR_2$  の抵抗値は増し、前とは逆に  $CA$  には逆方向の電流が流れ、 $CA$  は反時計方向にまわり、接点  $C_1$  が閉じ、 $M_1$  は逆回転し、 $R_1$  も逆方向にまわる。すると  $R_2$  に直列の抵抗が増し、ブリッジは再び平衡し  $M_1$  も静止し、 $PI$  は上る。



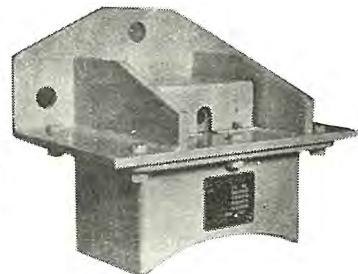
29 図 AD-T 型  
回転計発電機  
Fig. 29. Type AD-T tachometer generator.



30 図 ID 型誘導子型  
回転計発電機  
Fig. 30. Inductor type tachometer generator type ID.



31 図 ID 型誘導子型  
回転計発電機  
Fig. 31. Schematic view of inductor type tachometer generator.



32 図 車両用誘導子型  
回転計発電機  
Fig. 32. Inductor type tachometer generator for railway service.

摺動抵抗  $R_1$  の回転角度したがって  $PI$  の変位量は真空度に比例する。この変位をさらに S 型変換器で直流電流に変換すれば、真空度に比例する電流を得る。

#### 4. ノーカップリング型回転計

##### ア. ノーカップリング型回転計

発電機、電動機等の回転数をかんたんに測定するためには、従来小型の回転計発電機を用いてきた。すなわち回転計発電機を歯車駆動、ベルト駆動または軸端に爪をつけて爪をまわす方式である。この方法は歯車、ベルト、爪等の破損が多い。かつ、回転数が増加すると回転計発電機内の軸受の故障も多い。ノーカップリング型回転計はその欠点を除いたものである。すなわち、回転子は直接回転軸に取付け、電機子は主発電機の枠に固定し、両者の間には軸受部分や、ギヤー等の機械的連続部分がない。これには回転子が永久磁石のものと、誘導子のものと二種ある。

##### イ. AD-T 型タービン用回転計

これはタービンの回転数測定に用いるもので 5,000 rpm 以上の測定ができる。29 図はその構造を示している。PM は 4 極の永久磁石で軸 S のさきについている。FC は電機子鉄心で、C は電機子コイル、F は外箱である。S は主発電機の軸端に固着し、F はフレームに取り付ける。PM が回転すると、コイル C に回転数に比例した電圧を誘起する。回転子と固定子の間には機械的連絡がないので頑丈である。鉄心長を長く選べば、回転子が軸方向に 5 mm 膨張または収縮しても誤差 3% 以内にできる。

#### ウ. ID 型誘導子型回転計

これは誘導子型で、水車発電機の回転数測定に用いる。30 図にその外観を、31 図にその構造を示す。図で  $PM_1$  は永久磁石、 $C_1$  はその磁極にまいたコイル、 $ROT$  は回転子（誘導子）でその周囲に歯  $T$ 、溝  $SL$  を交互に刻んでいる。 $PM_1$  の極と  $T$  と向いあった時は磁極を通る磁束は最大で、 $PM_1$  の極と  $SL$  と向いあったにときは磁束は最小である。すなわち誘導子の回転と共に磁束は増減し、コイル  $C_1$  には回転数に比例した電圧を誘起する。また磁石を図面と直角に、すなわち回転子軸の方向にとりつけても同様に電圧を誘起する。誘導子の歯の数を増せば低回転数でも、指示計の指針の針ぶれがない。回転子とコイルの間には機械的連結はなく、誤差 1% である。

##### エ. 車両用誘導子型速度計

車両の速度を電気的に測定するため、従来小型磁石発電機を用いているが、衝撃、振動が大きいので破損することが非常に多い。そこで車両の回転軸に誘導子をつけて回転数を測定したのが、この速度計である。その構造は 31 図と同じである。その外観を 32 図に示す。回転子は軸方向に移動し、また上下に振動するので、磁石の極面と、誘導子表面を特殊の形にしている。軸方向に ±5 mm 移動して誤差は 3% 以内である。

#### 5. むすび

配電盤計器として必要な条件は、構造がかんたんで、保守点検が容易で、かつ精度高く小型にできることである。広角度計器はこの目的をみたしている。種々の変換装置については、電子管を用いない方式について述べたもので、さらに小型化、微小値の変換に努力するものである。回転数のさらに精密な方式にはパルス計数回路等があるが、ここでは機械的強度の大きいものについて述べた。さらに低速度での正確な回転数測定法について努力したい。

# 最近の継電器とその応用(その5)

神戸製作所

藤井重夫\*

## The Latest Relays and Their Application (Part V)

Shigeo FUJII

Kobe Works

This is another article of relays describing about the principle, circuit constitution and application of Type HXS high speed ground distance relay scheme. This is best adapted to the ground protection of important transmission lines of direct ground system, having distance-operation time characteristics of three stages and a sufficient ability of back-up protection.

### 1. HXS 型高速度接地距離継電装置

電力系統の安定度向上のためには是非とも故障区間を迅速に選択遮断することが必要である。近時この要求に応じるため一連の高速度距離継電器が開発されてきたが、この HXS 型高速度接地距離継電装置の完成により、従来困難であった距離継電器による一線接地故障保護が可能となり、これと HZ 型高速度インピーダンス継電器または HZ-M 型高速度モディファイドインピーダンス継電器との併用により線路のすべての故障に対して高速度選択保護が可能となってきた。

従来一般に接地故障に対する距離継電器の応用が困難視されていた理由は継電器設置点から接地故障点までの零相インピーダンスの抵抗分が不定であることと、送電線の正相、逆相インピーダンスと零相インピーダンスとが等しくないために系統の切換等により正相、逆相電流と零相電流との比が変ると通常の距離測定原理では大きな測定誤差を生ずることにあった。

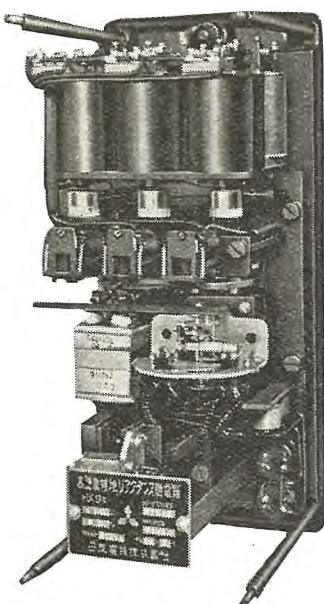
たとえば今  $\alpha$  相が接地したものとして  $\alpha$  相の線電圧  $E_a$ 、電流  $I_a$  を継電器に導入したとすると継電器の測定インピーダンス  $Z_e$  は次式のようになる。

$$Z_e = \frac{E_a}{I_a} = \frac{I_0 Z_0 + I_1 Z_1 + I_2 Z_2}{I_0 + I_1 + I_2}$$

ここで  $Z_0 Z_1 Z_2$  は継電器設置点から故障点までの各相分インピーダンスを、また  $I_0 I_1 I_2$  は故障相の各相分電流を示している。上式では  $Z_1$  は  $Z_2$  に等しくこれは問題ないのであるが、 $Z_0$  と  $Z_1$  との比が不定である上に  $I_0$  と  $(I_1 + I_2)$  との比が変化すれば  $Z_e$  が距離のみの函数にならないことは明らかである。したがってたとえリアクタンス継電器によって  $Z_e$  のリアクタンス分のみを測定しても、前述の 2 誤差原因の影響を免れることはできない。

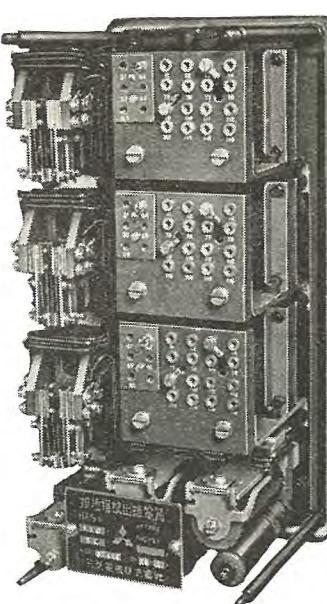
これに対し HXS 型高速度接地距離継電装置の距離測定原理は下式のように  $E_a$  から  $(I_1 Z_1 + I_2 Z_2)$  を差引き  $I_0 Z_0$  のみを取り出してこれと  $I_0$  とを比較し、その比として得られる  $Z_0$  のうちリアクタンス分  $X_0$  のみを測定するようになっている。すなわちこれによって前述 2 誤差原因の影響を完全に除去しその上に接地故障点の電弧抵抗による影響をも受ける恐れがない。換言すれば最も原理的に正しい接地距離継電装置であるということができる。

\* 技術部



1 図 HXS 型高速度接地リアクタンス继電器

Fig. 1. Type HXS high speed distance ground relay.



2 図 HPS 型接地相検出继電器

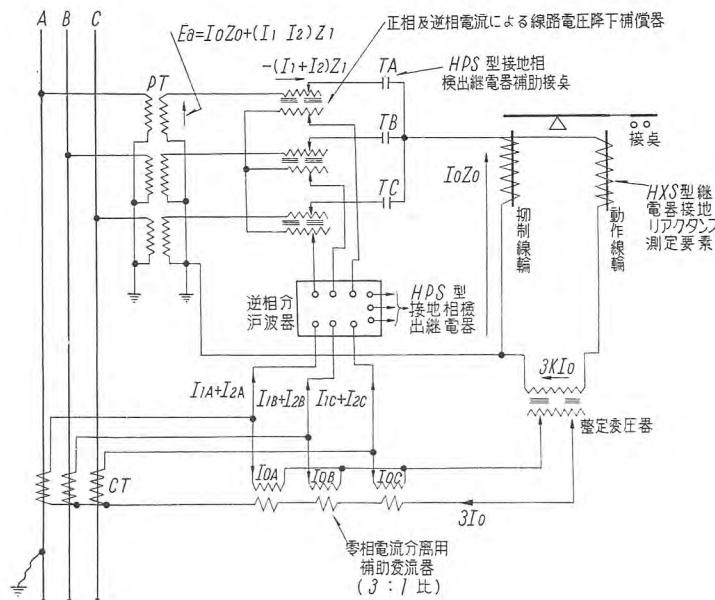
Fig. 2. Type HPS high speed phase selector relay.

$$Z_s = \frac{E_a - (I_1 Z_1 + I_2 Z_2)}{I_0} = \frac{I_0 Z_0}{I_0} = Z_0$$

HXS 型高速度接地距離继電装置は直接接地系統および低インピーダンス接地系統の高速度接地故障保護に最適のもので、HZ 型または HZ-M 型高速度インピーダンス继電器と同様に三段階の距離一動作時間特性を有し、保護区間の 80~90% 迄の接地故障に対しては接地故障相の判別動作をも含めて 3~6 c/s 内外の高速度で選択保護を行い得るものである。

#### ア. 動作原理

HXS 型高速度接地距離继電装置は HXS 型高速度接地リアクタンス继電器、HPS 型接地相検出继電器、補



3 図 HXS 型高速度接地距離继電装置主要回路構成図

Fig. 3. Connection diagram of principal circuit for type HXS high speed ground distance relay scheme.

助調整盤、逆相分滤波器各 1 箇および辅助变流器 3 箇より構成されている。

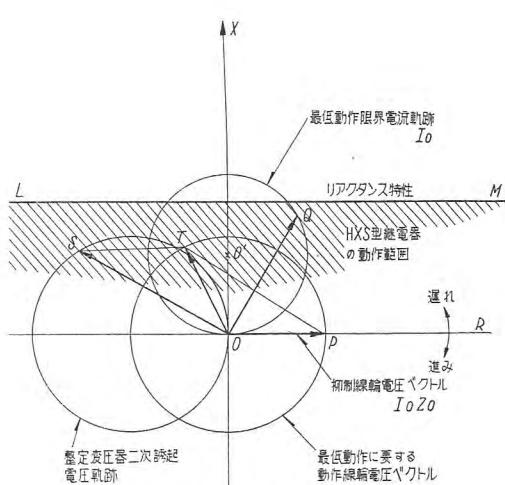
1 図および 2 図はそれぞれこの装置の HXS 型および HPS 型主要继電器の外観を示したものである。また 3 図はこの装置の主要回路構成を示しており以下これによってその動作原理を説明することとする。

この装置は接地故障点までの零相リアクタンスを測定するもので、電弧抵抗の影響を受ける恐れのないものである。すなわち図に見るように線路の各相対地電圧は正相および逆相分電圧降下補償用空隙変圧器を経て補償された電圧となり、ついで HPS 型接地相検出继電器の主接点動作により接地故障相の補償電圧、 $E_a - (I_1 Z_1 + I_2 Z_2) = I_0 Z_0$  のみが HXS 型继電器のリアクタンス測定要素、抑制線輪および動作線輪に並列に印加されるようになっている。

一方変流器回路の各相線電流は零相電流分離用補助变流器の作用により、それぞれ零相分が分離され、正相および逆相分電流のみとなって逆相分滤波器に導入されている。この逆相分出力は零相分電流と共に HPS 型接地相検出继電器（図示せず）に導入されいずれの相に接地故障が発生したかを判別させるために使用されているものである。

また逆相分滤波器を通った各相の正相および逆相分電流はそれぞれの正相および逆相分電圧降下補償用空隙変圧器の一次に導入され、ここで继電器設置点から整定点までの正相および逆相分電圧降下に大きさ、位相角共に等価な補償電圧をその二次側に誘導するようになっている。

他方变流器回路の零相電流は整定変圧器と称する空隙変圧器の一次に導入され、その二次回路は一次零相電流に比例しつつ  $90^\circ$  位相の遅れた  $3K I_0$  の電圧を誘起するよう接続されている。



4 図 リアクタンス動作特性

Fig. 4. Reactance operation characteristic.

したがって HXS 型继電器のリアクタンス測定要素、動作線輪にはこの電圧 ( $3K I_0$ ) と ( $I_0 Z_0$ ) のベクトル和が印加され、抑制線輪には ( $I_0 Z_0$ ) のみが印加されることになる。このような接続回路によって作動要素にリアクタンス動作特性を与えるためには、零相電流がないばあいに、零相電圧のみによって動作、抑制両線輪の吸引力が平衡していること、および整定変圧器の二次誘起電圧が一次零相電流から正確に  $90^\circ$  遅れていることが必要条件である。この继電器では上述の条件は完全に満たされているから、そのリアクタンス要素は直線的なリアクタンス動作特性を有している。

これを 4 図によってベクトル的に説明すると、HXS 型继電器の高速度平衡桿型继電要素に図示  $\overline{LM}$  のようないアクトンス特性を持たせるためには、抑制線輪電圧、 $\overline{OP}$  に対して動作限界電流の軌跡が円  $O'$  のようになる必要があり、そのためには電流  $\overline{OQ}$  に大きさが比例し、位相が  $90^\circ$  遅れた電圧ベクトル  $\overline{OS}$  を作り、これと  $\overline{OP}$  とのベクトル和  $\overline{OT}$  を動作線輪に加えて平衡させればよいことが明らかである。3 図の回路方式は上記の関係を充分に満足し得るものである。

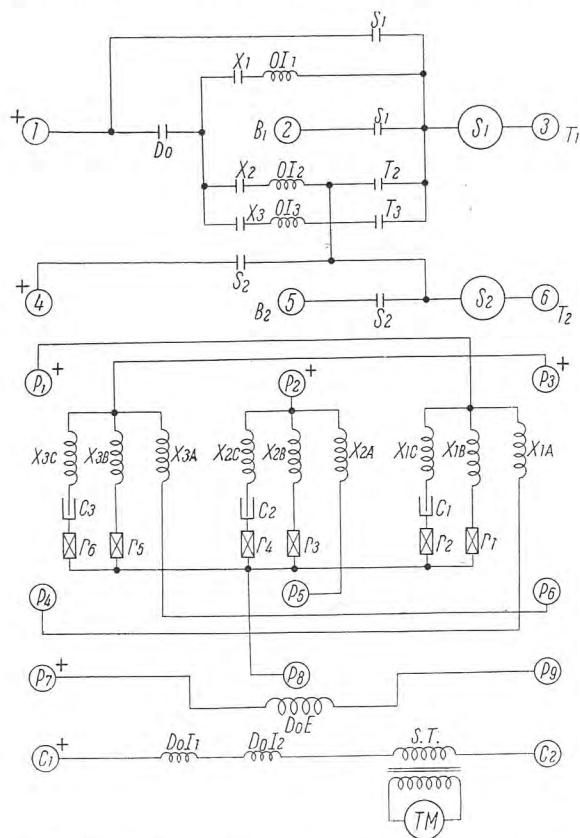
系統の正常時には零相電流ではなく、接地相検出继電器も不動作であるから、接地リアクタンス測定要素もまた無励磁状態にある。しかし一線接地故障が発生すると、HPS 型继電器の故障相検出動作によって、故障相の補償電圧のみがリアクタンス要素に接続される。一方零相

電流は故障発生と同時に現われ、リアクタンス要素の動作、抑制両線輪に環流するが、抑制線輪の巻数は動作線輪側より、相当大きく定めてあるため、充分な抑制力を発生し、電圧回路が作られる迄の過渡的な状態によって誤動作することのないようになっている。ついで故障相の補償電圧が印加され故障点までの零相リアクタンスを迅速に測定するわけである。

## イ. 構成

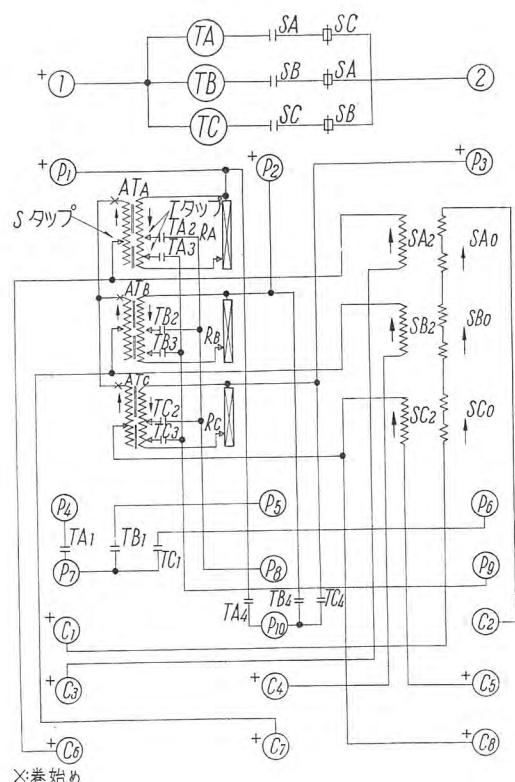
### (1) HXS 型高速度接地リアクタンス继電器

この继電器の外観は 1 図に、またその内部接続図は 5 図に示されている。HXS 型继電器は前述のような動作をする 3 箇の零相リアクタンス測定要素、高速度誘導環型方向要素、限時要素および制御回路よりなり、第 1 リアクタンス要素は保護区間の 80~90% にまで整定しこの範囲内の接地故障発生に際して方向要素の動作を確認した後瞬時引外し回路を完成するようになっている。また第 2 リアクタンス要素は隣接区間の 25~50% にまで整定され、方向要素  $D_0$  および限時要素第 1 接点  $T_2$  を経て限時引外し回路を完成するように接続されている。また第 3 リアクタンス要素はさらに遠方にまで整定され  $D_0$  および限時要素第 2 接点  $T_3$  を経て限時後備保護を行なうようになっている。すなわち三段階の距離一動作時間特性を有しているもので、HPS 型接地相検出继電器と組合されて使用されるため HXS 型继電器は 3 相に対して 1 箇を必要とするのみである。



5 図 HXS 型高速度接地リアクタンス继電器展開図（裏面）  
Fig. 5. Connections of type HXS high speed ground reactance relay (Rear view).

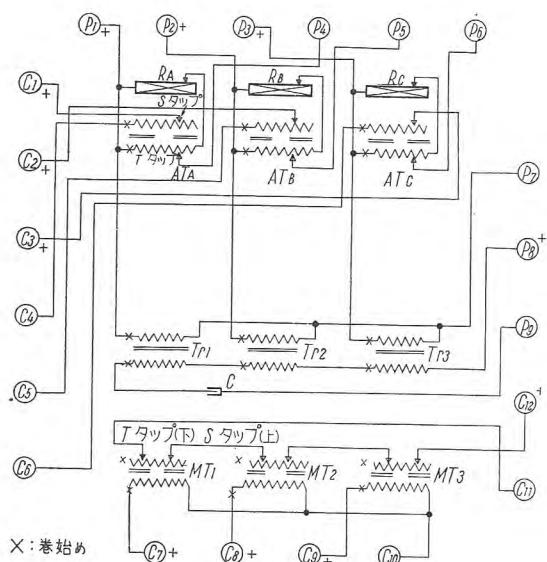
最近の继電器とその応用（その 5）・藤井





7 図 補助調整盤

Fig. 7. Auxiliary external adjusting box.



8 図 補助調整盤内部接続図（正面）HXS 型高  
速度接地リアクタンス継電器用

Fig. 8. Internal connections of auxiliary  
adjusting panel (Front view).

## (2) HPS 型接地相検出継電器

HPS 型継電器の外観およびその内部接続図はそれ 2 図および 6 図に示されている。この継電器は高速度誘導環型接地相検出要素 3 箇とこれに付随動作する補助継電要素 3 箇 ( $TA, TB, TC$ ) および HXS 型継電器の第 2, 第 3 整定区間用正逆相分電圧降下補償用変圧器 3 箇より構成されている。

接地相検出要素の動作原理は一線接地故障発生時の接地相の逆相電流と零相電流との位相が一致することを利用したもので、逆相分濾波器から導びかれる各相の逆相分電流に比例した電圧をそれぞれの接地相検出要素に導入し一方零相電流は 3 箇の検出要素の別の巻線に直列に導入している。すなわち一線接地故障発生時には接地相に属する検出要素のみがその接点を閉じ、他の健全相に属する 2 箇の検出要素は接点を開く方向に力を受けるわけである。なお何等かの原因によって検出要素が 2 箇以

上同時に接点を開じるようなことがあっても電圧回路の短絡を生じないよう、またこのために不正動作を行わないようにその接点回路が考慮されている。

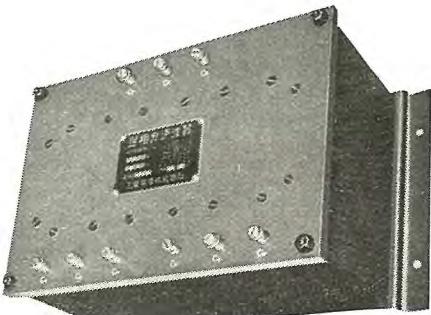
### (3) 補助調整盤

7 図および 8 図はそれぞれ補助調整盤の外観とその内部接続関係を示している。

補助調整盤は HXS 型継電器の第 1 整定区間用正逆相分電圧降下補償用変圧器 ( $AT_A, AT_B, AT_C$ ) と距離整定用空隙変圧器 ( $MT_1, MT_2, MT_3$ ) および零相電圧導出用補助変圧器 ( $T_r_1, T_r_2, T_r_3$ ) 各 3 箇より構成されている。

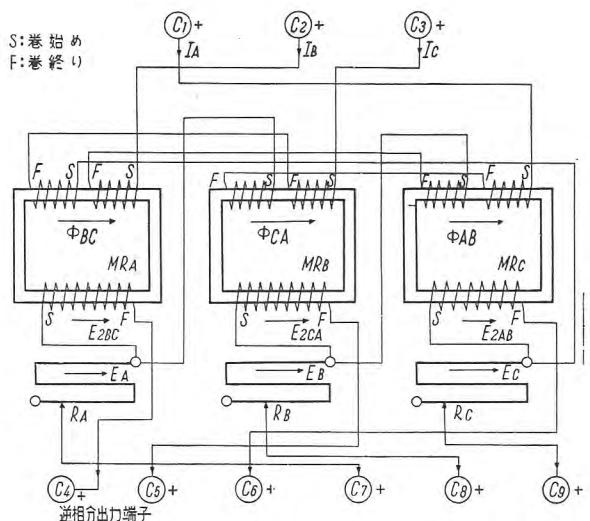
このうち補償用空隙変圧器はそれぞれ位相調整抵抗 ( $R_A, R_B, R_C$ ) を付属し、一次タップ  $T$ 、二次タップ  $S$  および位相調整タップ等の整定により、故障相の電圧  $E_a$  から、整定点までの正相および逆相分線路電圧降下 ( $I_1Z_1 + I_2Z_2$ ) を正確に補償することのできるものである。HPS 型継電器内部に納められた第 2、第 3 整定区間用補償変圧器もその作用および取扱いは上記と全く同じで単に整定範囲が異なるのみである。

また整定用空隙変圧器は一次巻線に零相電流が流れるこれと  $90^\circ$  位相が遅れ、大きさが  $3KI_0 = 2X_0I_0$  の電



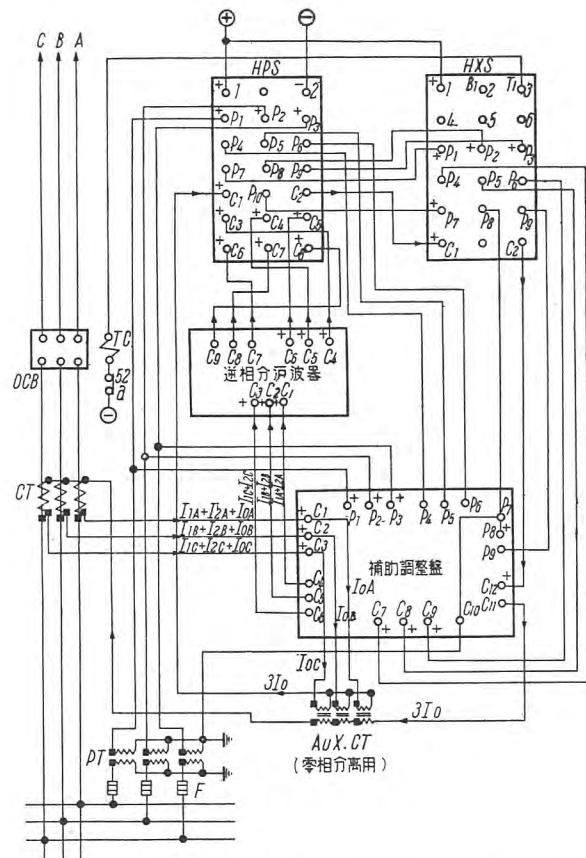
9 図 逆相分濾波器

Fig. 9. Negative sequence filter.



10 図 逆相分濾波器内部接続図（正面）HPS, HQS 用

Fig. 10. Internal connections of negative  
sequence filter (Front view).



11 図 HXS 型高速度接地距離继電装置外部接続図（裏面）

Fig. 11. Internal connections of type HXS high speed ground distance relay (Rear view).

圧をリアクタンス要素の動作回路に挿入するためのものである。

なお補助変圧器 3 箇は図示接続によって零相電圧を得これを HXS 型继電器の方向要素電圧線輪に導くためのものである。

#### (4) 逆相分立波器

9 図および 10 図は逆相分立波器の外観とその内部接続関係を示したものである。これは図示のように 3 箇の空隙付リアクタと 3 箇の抵抗より構成され、その逆相分出力電圧は HPS 型接地相検出继電器に導かれている。

#### (5) 補助変流器

3 図に示された零相電流分離用補助変流器 3 箇は 3:1 の巻線比を有し、CT 各相の電流より零相分電流のみを完全に分離するためのもので、電圧降下補償用変圧器および逆相分立波器に零相分電流が流入して補償誤差を生じることを防止している。

なお 11 図は上述した HXS 型高速度接地距離继電装置の総合外部接続関係を示したものである。

#### ウ. 適用上の注意

(1) HXS 型继電器の標準整定範囲は PT, CT の二次側換算零相リアクタンス値で下記の 3 種類としている。

1.5~6.0 Ω

3.0~12.0 Ω

6.0~24.0 Ω

ただしこれ以外のリアクタンス値でも整定点に接地故障が発生したばあいの線路の零相リアクタンス電圧降下  $I_0 X_0$  が 5 V 以上であれば何等支障はない。逆にいえばたとえ整定零相リアクタンス値が上記範囲内であっても  $I_0 X_0$  が 5 V 以下であるような保護区間のばあいは精度の高い距離測定は困難である。なお  $I_0 X_0$  が 2 V 以上なら整定時に適当な注意を払うことによって適用可能ならばあいもある。

正相および逆相分電圧降下補償用変圧器の付属位相調整抵抗はつぎの調整範囲を標準としている。

正相インピーダンスの位相角

90° 84° 78° 72° 66° 60°

66° 60° 54° 48° 42° 36°

(2) HXS 型继電装置は負荷電流に比し、故障電流が余りに小さい時は適用困難である。ただしこれは故障電流と負荷電流との位相に問題があるので送電線の負荷端においてのみ問題となり、最も条件の悪いばあい  $5 I_0$  以上の負荷電流が故障方向と逆に流れる時には HXS 型继電器の不正動作を阻止する方策をとらなければならない。これはこの装置の適用を抵抗接地系にまで拡大したうなばあい問題となる。

(3) HXS 型继電装置は並行保護区間においても適用可能である。ただし他回線を流れる零相電流が零相相互誘導を生じるため、これを補償せずに適用したばあい、零相電流の分布が変化するとそれだけ距離整定範囲が正または負の変動を受けて伸縮することになる。その程度は大体  $\pm 15\%$  以内であるが、そのばあい他回線側の接地故障によって誤動作する恐れは絶対にない。すなわちもしこの装置が 90% の距離にまで整定してあったとすると  $-15\%$  程度のアンダーリーチは考慮する必要があるがオーバーリーチは保護区間の外に出ることはなく  $+10\%$  以下である。したがって実際使用上は補償を行わなくても何等不正動作は生じない。またもし他回線よりの零相相互誘導を補償する装置を付設すれば当然これによる距離測定誤差はなくなるわけで、必要に応じて付加するものとする。

# 汎用電動機生産への品質管理の応用

名古屋製作所

大野寛孝\*・小島正男\*・臼田長一\*

## Application of Quality Control over Production of General Purpose Motor

Hirotaka ŌNO · Masao KOJIMA · Choichi USUDA

Nagoya Works

It is often said that the rise and fall of the production of general purpose motors serve as an index to measure the industrial activity of countries. Moreover, these motors are required to meet the requirements of users to the fullest extent. Quality control of motors—how it ought to be combined with the process of production. This article gives an example based on our idea with an illustration by charts.

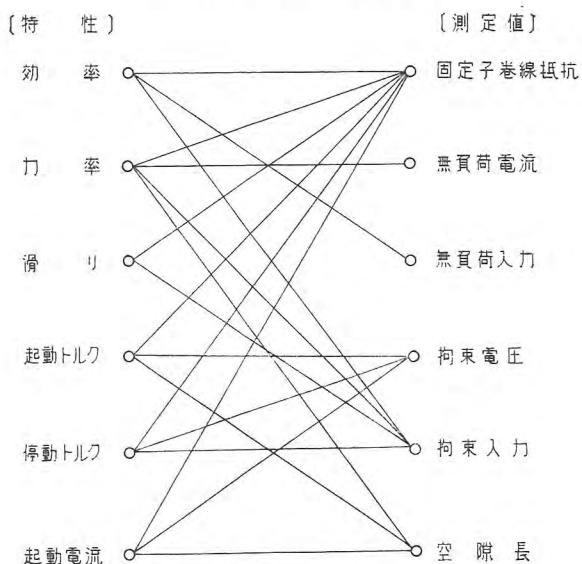
### 1. まえがき

デミング氏は「品質管理の目的は需要者の期待に添う品物を作ることだ」といっている。われわれの会社でも「品質奉仕」の目標を掲げて良品を早く、安く需要者に納めるよう努力を傾注している。数多い種類の材料と部品から組立てられる電動機は、工作機械の性能をもってのみ安易に生まれるものであろう筈はない。まして長い年月を駆けたという單なる経験だけでも得られない。人間は「考える葦」といわれる。われわれの考え方として行った一例を汎用電動機の生産にとって紹介することにした。

### 2. 電動機の特性値と各部品工作との関係

各特性値はすべての部品工作に密接に関連しているが完成品の検査では電気的、機械的測定値から工作、作業の欠陥を追求しなければならない。原因探求の順序はまず特性値と測定値との関係を明らかにし、さらに測定値と各工作作業との関係を知る必要がある。特性値と測定値との関係を示すと1表のようになる。ただし本図では影響度の大きいもののみを示した。また測定値のバラツ

1表 特性値と測定値との関係



キ (Deviation) を生む作業要素を分析すると 2 表のようになる。

したがって部品作業工程における品質管理 (Quality Control) の対象項目はつぎのように考えられる。

2表 電気的特性と材料および作業要素との関係

特 項 性 目	機械作業 (鉄心工作を含む)		巻線作業		材 料
電 氣 的 特 性	無負荷電流	1 固定子鉄心の内径大または梢円	1 絶縁電線心線径不良	1 絶縁電線の心線径不良	
		2 回転子、鉄心の外径小	2 卷数誤り	2 絶縁物の不良	
		3 鉄心積不良	3 ピッチ誤り	3 硅素鋼板の特性不良	
		4 鉄心押込不良による磁気中心の不一致またはコアーのたおれ	4 結線不良	4 硅素鋼板の占積率不良	
		5 層間、線間短絡			
	無負荷入力	1 固定子、回転子、鉄心の寸法不良	1 絶縁電線心線径不良	1 球軸受の不良	
		2 柵、プラケットの偏心、梢円軸仕上不良、寸法不良	2 卷数誤り	2 油またはグリースの不良	
		3 軸受 (筒) 寸法、仕上不良	3 ピッチ誤り	3 硅素鋼板の特性不良	
		4 球軸受の不良	4 結線不良	4 絶縁物の不良	
		5 層間、線間短絡			
	拘束電圧	1 固定子、回転子、鉄心の寸法不良 (空隙不良)	1 絶縁電線心線径不良	1 カゴ形回転子導体の導電率不良	
		2 鉄心押込不良による磁気中心の不一致またはコアーのたおれ	2 卷数誤り	2 アルミカゴ形回転子のアルミ導電率の不良	
		3 カゴ形回転子の溶接またはダイカスト不良	3 ピッチ誤り	3 絶縁電線の心線径不良	
		4 カゴ形回転子の斜溝の不良	4 結線不良	4 絶縁物の不良	
		5 層間、線間短絡	5 層間、線間短絡	5 溶接棒の不良	
	拘束入力	1 カゴ形回転子の溶接またはダイカスト不良	1 絶縁電線心線径不良	1 カゴ形回転子導体の導電率不良	
		2 カゴ形回転子の斜溝の不良	2 卷数誤り	2 アルミカゴ形回転子のアルミ導電率の不良	
		3	3 ピッチ誤り	3 絶縁電線の心線径不良	
		4	4 結線不良	4 絶縁物の不良	
		5	5 層間、線間短絡	5 溶接棒の不良	

#### ア. 鉄心作業 (Punching and laminating of Core Sheets)

固定子鉄心の内、外径寸法  
固定子鉄心の梢円  
固定子および回転子鉄心の幅、重量  
カゴ形回転子の故障検出  
その他

#### イ. 機械作業 (Machining)

柵の切削寸法、偏心および梢円  
プラケットの切削寸法、偏心および梢円  
軸の切削寸法  
筒軸受の切削寸法  
固定子鉄心の押込寸法  
回転子鉄心の押込寸法  
筒軸受の押込寸法および精度  
取付穴の寸法およびピッチ  
その他

#### ウ. 卷線作業 (Winding)

電線の心線の太さ  
巻数の誤り、ピッチの誤り  
層間、線間短絡故障  
絶縁接地故障

#### その他

#### エ. 組立作業 (Assembling)

構造部品の組立不良  
球軸受の押込不良  
付属部品の取付不良  
その他

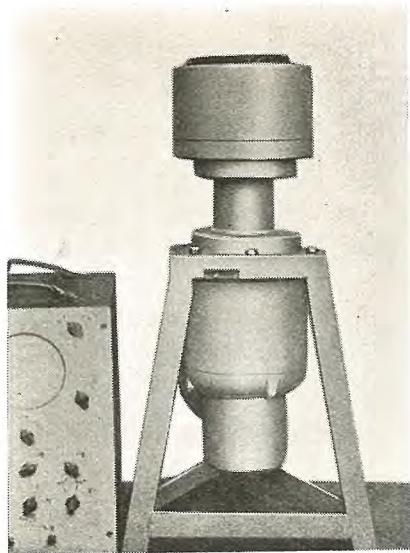
以上の測定では機械別、材料別、作業者別に実施して要因の追求を容易にしている。また測定器もとくに高精度高能率のものを考案し実施している。たとえば整流子回転子の短絡故障検出装置、カゴ形回転子故障検出装置等は新しい試験装置で、このため試験が迅速になるとともに原因の探求が容易となった。

### 3. 鉄心作業の品質管理

鉄心作業では回転子導体であるダイカスト作業、硅素鋼板の積み重ね作業および硅素鋼板を所定の型に抜いた時そこに生ずる「かえり」等の管理が必要である。以下順を追って述べる。

#### ア. ダイカスト作業 (Diecasting)

これはアルミ・インゴットを抜取検査 (Sampling Inspection) し、それを決められた温度に溶解してダイカスト作業をするもので、回転子に鋳込んだものはつぎの



1 図 カゴ形回転子試験装置外観図  
Fig. 1. Testing arrangement of squirrel cage type rotor.



2 図 カゴ形回転子試験状況  
Fig. 2. Squirrel cage rotor under test.

試験装置<sup>(1)</sup>で検査される。すなわち試験用固定子のなかで被試験回転子を駆動用電動機で回し、搜索線輪から得られる現象波をプラウン管に映画して試験するものである。装置の外観は1,2図に示す。

#### イ. 硅素鋼板積み重ね作業およびかえり

この作業にはつぎの管理図法 (Control Chart Method) を適用している。3表はそれを示す。

#### 4. 機械作業の品質管理

この作業の管理は電動機の主要部品である軸、回転子、プラケットについて初品検査、巡回検査 (Patrol Inspection) 方式で行っている。

##### ア. 初品検査方式

機械作業では作業条件の変る毎に初品の検査をする。作業者が図面の見誤り、計測の間違いおよびいろいろな勘違いから多数の不良品を作りながら初めて誤作に気のつくことがしばしばある。これを段取の最初に充分検査

3表 鉄心作業の管理表

	特 性	抜 取 率	管 理 図
固定子	内 径	1 日 1 回, 5 箇	X R
	外 径	〃	〃
	幅	〃	〃
回転子	斜 溝	〃	〃
	幅	〃	〃
固定子 回転子	かえり	1 日 1 回, 5 枚	〃

すれば上のようなことは起らない。とくに穴明作業、倣旋盤作業は初品検査の意義が大きい。

##### イ. 巡回検査方式

(1) 部品加工中のいわゆる「トラブル」を早期に発見する手法として管理図がある。これはトラブルがあるかないかを判断するために加工中、少數の製品を抜取って検査し、その結果を従来のトラブルのなかった時の検査状況と比較して良否を判断する方法である。

このようにして加工された部品が全部の作業を終えて作業者から検査係に送られて篩 (Screen) にかけられる。巡回検査方式は管理図の役割と篩の役割を同時にうものと考えてよい。

(2) 部品を全数検査品と抜取検査品とに分けることにより作業者の品質意識を盛んにし、検査精度の向上も可能となる。

(3) 抽取検査表は Dodge Romig method の選別型抜取検査表 (Screening Sampling Inspection Chart) の代りに MIL-105A 式の調整型抜取検査表を用いている。これは不合格ロットの多い時は作業者自身に選別させていることによる。4表がそれである。

(4) 測定数値の計測できる検査項目については計量による抜取検査、とくに圧縮限界方式<sup>(2)</sup> (Compressed Limit method) を実施している。その抜取表を5表に示す。

(5) 作業者に品質意識を徹底させるため全検査品中の不良率を月1回集計して、その成績を作業者の給与に加算する仕組としている。

(6) 4,5表にいう厳格、基準、緩和の各検査のいずれを用いるかはつぎの規程によっている。

##### 厳格検査 (Tightened Inspection)

- 巡回検査による検査方法を開始した時
- 巡回検査の結果により推定した工程平均不良率が一つ以上の特性について採択品質水準(Acceptance Quality Level) で決められた上限より大きい場合

##### 基準検査 (Normal Inspection)

- 巡回検査の結果より推定した工程平均不良率が全特性について AQL での上・下限の範囲内にある時
- 緩和検査を実施していく  
一回でも不合格になった時  
推定工程平均不良率が AQL より大きくなった時

4 表 調整型抜取検査表

ロット の 大いさ	厳 格 検 査			基 準 検 査			緩 和 検 査					
	試料の 大いさ		重 要 度	試料の 大いさ		重 要 度	試料の 大いさ		重 要 度			
	<i>n</i>	A	B	C	<i>n</i>	A	B	C	<i>n</i>	A	B	C
15 以下	15	0	1	1	10	0	1	1	5	0	1	1
16~25	15	0	1	1	10	0	1	1	5	0	1	1
26~40	25	0	1	2	15	0	1	2	7	0	1	1
41~80	25	0	1	3	15	0	1	2	7	0	1	1
81~110	35	0	1	3	35	1	2	5	10	0	1	2
111~180	50	1	2	4	50	2	3	6	10	0	1	2
181~300	75	1	3	6	75	2	4	9	15	1	2	3
301~500	110	2	4	8	110	3	6	12	22	2	3	4
501~800	150	3	5	11	150	4	8	17	30	2	4	4
800 以上	150	3	5	11	150	4	8	17	30	2	4	4

(注) 重要度の下の数値は許容不良箇数を示す。

5 表 圧縮限界方式による抜取検査表

ロット の 大いさ	厳 格 検 査			基 準 検 査			緩 和 検 査					
	試料 の 大 い さ <i>n</i>	<i>T</i> ( <i>T</i> <sub>1</sub> )	<i>r</i>	試料 の 大 い さ <i>n</i>	<i>T</i> ( <i>T</i> <sub>1</sub> )	<i>r</i>	試料 の 大 い さ <i>n</i>	<i>T</i> ( <i>T</i> <sub>1</sub> )	<i>r</i>			
		A	B		A	B		A	B			
100 以下	12	0.8 (2.4)	2	3	8	0.8 (2.4)	2	3	4	0.8 (2.4)	1	2
101~300	16	0.8 (2.4)	2	3	12	0.8 (2.4)	2	3	4	0.8 (2.4)	1	2
301 以上	20	0.8 (2.4)	2	3	16	0.8 (2.4)	2	3	6	0.8 (2.4)	1	2

手 順

- (1) 規格公差  $A \pm \Delta$  とする。
- (2)  $T \times \Delta = T'$  を計算する。  
(または  $\Delta/3 \times T_1 = T'_1$ ,  $T'' = T'_1$  となる)
- (3) 管理限界  $A \pm T'' = (A \pm T'_1)$  を計算する。
- (4) ロットより  $n$  箇抜取検査する。
- (5) 試料中の管理限界外のものの箇数  $r'$  を数える。
- (6)  $r' > r$  ならロットは不合格。
- (7)  $r' \leq r$  ならロットは合格。

生産に特別の変化があった時

緩和検査 (Reduced Inspection)

- a. 基準検査を実施していくつぎの項目がいずれも満足された時

10 ロット以上 1 回も不合格とならない時

検査結果より推定した工程平均不良率が AQL の下限以下になった時

生産条件に特別の変化がない時

- b. 緩和検査をしていて a. の条件がすべて満足される時

以上の検査方式採用の結果各部品の機械加工の不良が減少したことはいうまでもない。

汎用電動機生産への品質管理の応用・大野・小島・白田

## 5. 卷線、組立作業工程における品質管理

卷線、組立作業では機械作業のように寸度で表示しない場合が多いので管理の手法も不良率管理図で表わすことが多い。また組立ではそれ自身の原因で不良になるよりは前工程の作業の諸要因が累積されて不良品となる機会がしばしばで、組立のみに原因する不良をとり上げることが困難なことがある。

卷線では作業者別、材料別につぎの各項につき管理を実施している。(6 表参照)

6 表 卷線作業管理方式

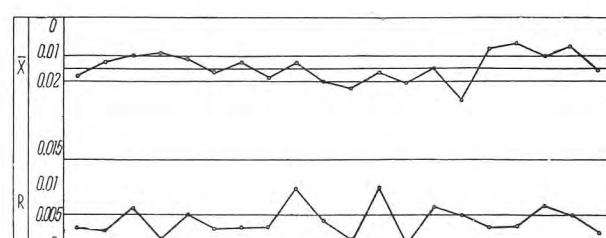
作 業 名	管 理 の 手 法
電線の心線の太さ	平均値範囲管理図
巻数の誤り	不良率管理図
ピッチ、結線の誤り	不良率管理図
短絡不良	不良率管理図
耐圧試験不良	不良率管理図
コイルの抵抗	平均値範囲管理図

本表の項目中、重点を置いたのは電線の心線の太さと短絡不良とである。3 図に心線径に関する実例を示す。電線の心線の太さに関しては 1 リールの中でもバラツキがあり、さらにリール間、製造者の間にも見逃せない差があること、また作業者の加える張力によってもバラツキを生ずることがあり得る。短絡不良は主として整流子回転子に起るものであるが、これの検出装置を手許で作り効果をあげている。すなわち故障の状況を簡便な操作一つでブラウン管面に画かせ、直視して良否および故障の内容をその波形から判断できる。また整流子回転子巻線の短絡環の動作試験等も容易に行えるようになった。この装置の内容については本誌<sup>(1)</sup>にすでに発表したのでそれを参照されたい。

組立の管理は、完成品の検査結果による不良の統計をまとめ、そのうち明らかに組立作業のみに原因すると考えられる項目を不良率管理図として表わすことにしている。すなわち

軸の遊び不良

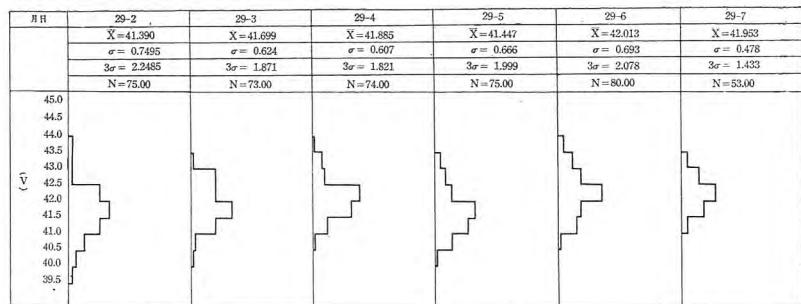
球軸受の不良



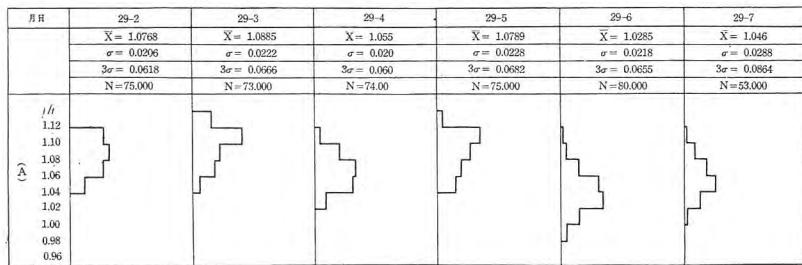
3 図 回転子用電線心線径のバラツキ

Fig. 3. Deviation of the diameter of conductors used for the rotor.





4 図 短路電圧のメジアン管理図  
Fig. 4. Median control chart of short-voltage.



5 図 無負荷電流のメジアン管理図  
Fig. 5. Median control chart of no load current.

管理図に記入し月毎にバラツキを調べる。

4, 5 図には実例の一部を示す。

## エ. 平均値範囲管理図を用いた管理の実例

継続生産される代表的例として筒軸受開放型 1 HP, 4 極での実施例を説明する。これでは毎日のロットから 5 台ずつ無作為に電動機を選定し、その測定値から 5 台の

平均値 ( $\bar{X}$ ) と範囲 ( $R$ ) を算定し、これをプロットして行くものである。プロットする測定値は前項と同様である。しかしこれのみでは各ロットの特性のバラツキの推定は困難であるから必要に応じヒストグラムを併用することにしている。6, 7, 8 図にはその実例の一部を示す。

## オ. 特性のバラツキの推定

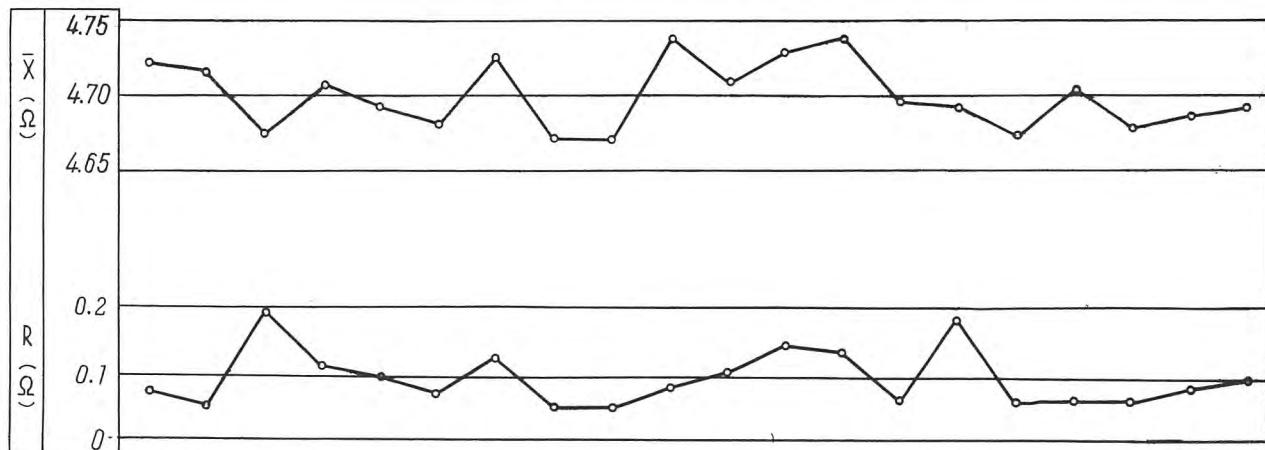
前項までの管理はすべて特性に結びつくもので窮屈には特性のバラツキの推定が必要である。そのためには全機種の標準誤差係数をあらかじめ算出して置けば、さきにのべた手法で特性のバラツキ推定ができるわけである。

## カ. チェック・シート

前項にてヒストグラムによる管理の実施例をのべたが、さらに進歩した形としてチェック・シート法が考えら

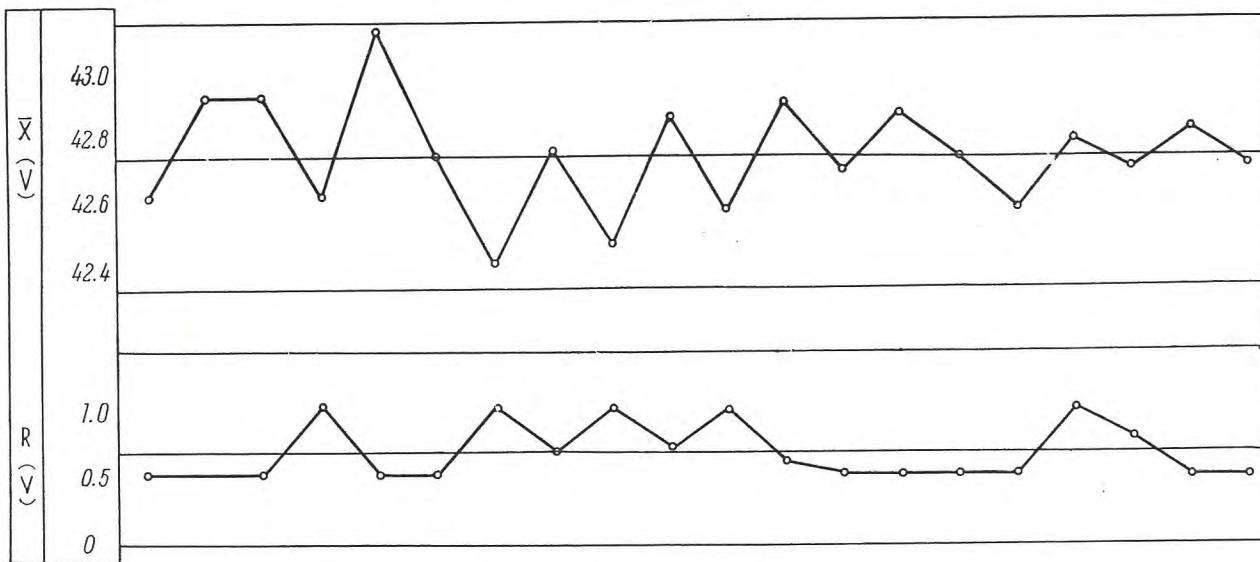
れる。製品の管理状態が安定したものであれば工場試験での測定値の記録は一々製品番号と対照して記入しないで、あらかじめ標準値、規格値の記入されたチェック・シートに製品番号に無関係に測定の都度、該当欄にマークする。かくすれば 1 ロットの試験が完了した時には全体のヒストグラムができ上り一目で全体のバラツキを知

試料番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
デ	1	4.69	4.71	4.75	4.74	4.70	4.72	4.79	4.71	4.71	4.74	4.71	4.64	4.74	4.69	4.73	4.69	4.73	4.67	4.70
	2	4.74	4.76	4.72	4.65	4.70	4.67	4.72	4.70	4.69	4.77	4.74	4.75	4.70	4.69	4.70	4.67	4.67	4.72	4.69
タ	3	4.71	4.71	4.67	4.69	4.65	4.65	4.79	4.71	4.66	4.71	4.75	4.78	4.87	4.72	4.78	4.68	4.68	4.66	4.64
(単位)	4	4.76	4.71	4.58	4.76	4.74	4.70	4.67	4.67	4.69	4.78	4.65	4.72	4.76	4.72	4.68	4.68	4.73	4.62	4.66
	5	4.74	4.70	4.64	4.69	4.67	4.66	4.67	4.66	4.69	4.70	4.69	4.78	4.64	4.66	4.60	4.63	4.70	4.72	4.67
	計	23.64	23.59	23.36	23.53	23.46	23.40	23.64	23.45	23.44	23.70	23.54	23.67	23.71	23.48	23.49	23.35	23.51	23.39	23.43
	$\bar{X}$	4.724	4.718	4.672	4.706	4.692	4.68	4.728	4.69	4.688	4.74	4.708	4.734	4.742	4.696	4.693	4.67	4.702	4.678	4.686
	R	0.07	0.05	0.19	0.11	0.09	0.07	0.12	0.05	0.05	0.08	0.10	0.14	0.13	0.06	0.18	0.06	0.06	0.08	0.09



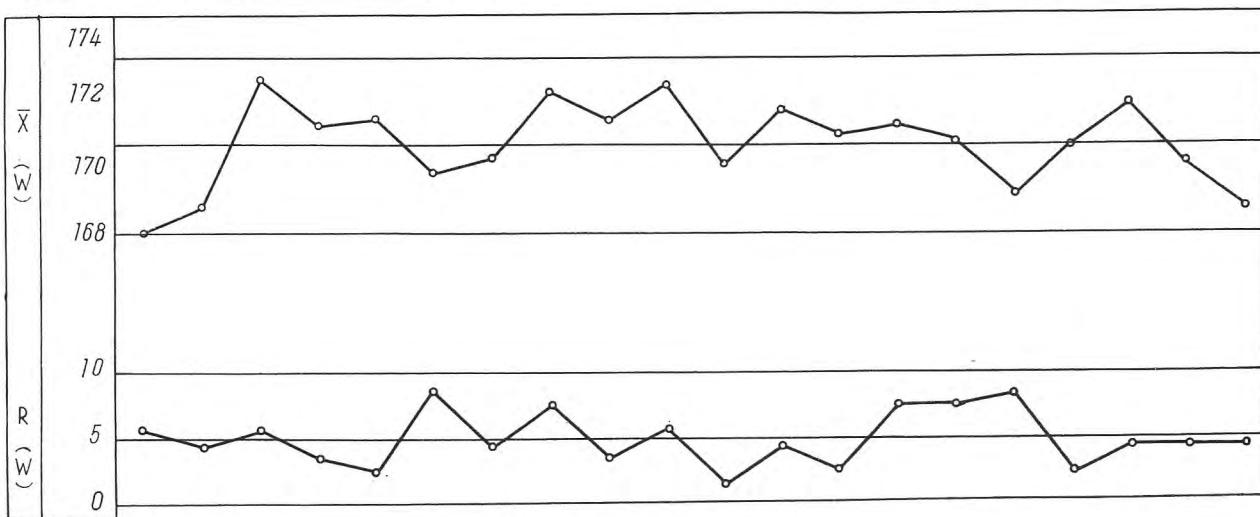
6 図 抵抗値の平均値範囲管理図  
Fig. 6. Mean value range control chart of resistance value.

試料番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
デ タ ( 単 位 V )	1	42.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	42.5	42.4	42.5	43.0	42.4	42.8	42.7	43.0	42.5	43.0	42.5	43.0	43.0	
	2	42.5	43.0	43.0	43.5	43.0	42.5	42.0	43.0	42.0	43.0	42.0	43.0	42.3	42.5	42.8	42.5	43.2	42.5	43.0	42.5
	3	42.5	43.0	43.0	42.0	43.5	42.5	42.5	43.2	42.4	43.2	42.3	43.0	43.0	42.8	43.0	43.0	43.0	42.2	42.5	42.5
	4	43.0	42.5	43.0	42.0	43.0	42.5	42.0	42.5	43.0	43.0	42.8	43.0	43.0	42.5	42.0	42.4	43.0	43.0	42.5	42.5
	5	43.0	43.0	42.5	42.5	43.0	43.0	42.5	42.5	42.5	42.7	43.0	42.3	43.0	42.5	42.8	42.2	43.0	42.5	43.0	43.0
	計	213.0	214.5	214.5	213.0	215.5	213.5	212.0	213.7	212.7	214.2	212.8	214.4	213.4	214.2	213.6	212.8	213.8	213.2	214.0	213.5
	X	42.6	42.9	42.9	42.6	43.1	42.7	42.4	42.74	42.46	42.84	42.56	42.88	42.68	42.84	42.72	42.56	42.76	42.68	42.8	42.7
	R	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	0.5	1.0	0.7	1.0	0.7	1.0	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	0.8	0.5	0.5



7 図 短絡電圧の平均値範囲管理図  
Fig. 7. Mean value range control chart of short circuit voltage.

試料番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
デ タ ( 単 位 W )	1	165	168	175	172	170	170	172	170	175	170	170	170	170	170	172	170	170	171	168	
	2	170	168	175	173	172	170	168	171	170	170	170	170	168	175	170	172	174	170	168	
	3	165	172	170	170	170	165	170	177	169	175	170	171	172	170	170	170	170	171	168	172
	4	170	170	172	170	172	170	170	172	170	175	169	174	172	175	170	164	170	172	168	170
	5	170	170	170	170	172	173	170	170	172	170	172	170	172	168	169	170	171	172	170	170
	計	840	843	862	855	856	848	850	860	855	861	849	857	854	855	853	845	852	858	849	843
	X	168	168.6	172.4	171	171.2	169.6	170	172	171.2	172.2	169.8	171.4	170.8	171	170.6	169	170.4	171.6	169.8	168.6
	R	5	4	5	3	2	8	4	7	3	5	1	4	2	7	7	8	2	4	4	4



8 図 短絡電力の平均値範囲管理図  
Fig. 8. Mean value range control chart of short circuit power.

とともに、不良品の処置もできる訳である。チェック・シートはこのようにして製品の品質（特性）が一定範囲にあることを保証することができる。ただこの手法では測定値を記録するのに個々の製品には関係なく行うから、個々の製品の特性を算定することはできず、ある一定水準を保証するに止る。したがって、この手法は小型、量産電動機には適用できる方法であるが、電動機個々の特性のわずかの差を云々するような場合には用いられない。

いずれにせよ従来のように測定値を単純に記録しておくより優ること数等であって、不必要的検査の手間を軽減し余裕の時間をさらに厳密な検査へと振向けることができる。幸に使用者側の理解を得て特性保証の方法としてチェック・シートの利用ができるならばメーカーとして極めて幸と思う次第である。

#### キ. 測定値の補正

あらゆる測定は周波数、電圧、周囲温度を一定にしないと誤差を生ずるものである。品質管理の測定値では最も厳密さが必要である。しかし以上の3条件のうち、周波数、電圧は電動発電機を電源として使用すれば相当に誤差を少くし得るが、周囲温度のみは均一化が困難である。そこで周囲温度により変化する測定値を基準温度に補正をする。温度によって最も変化するものは巻線抵抗と軸受油の粘度である。これによって変化するのは

固定子および回転子の巻線抵抗

拘束電圧

拘束入力

無負荷入力 等である。

巻線抵抗はつきのよう式で補正することは周知のとおりである。

$$R_r = r_t \left( \frac{234.5 + T}{234.5 + t} \right)$$

ここに  $R_r$  = 基準温度に換算した巻線の抵抗 ( $\Omega$ )

$T$  = 基準温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t$  = 測定時の周囲温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$r_t = t^{\circ}\text{C}$  で測定した巻線の抵抗 ( $\Omega$ )

また拘束電圧および拘束入力はつきの式で補正する。

$$V_s = \sqrt{\left( (I_s) (r_1 + r_2) \left( \frac{234.5 + T}{234.5 + t} \right) \right)^2 + (I_s (X_1 + X_2))^2}$$

$$W_s = I_s^2 (r_1 + r_2) \left( \frac{234.5 + T}{234.5 + t} \right)$$

ただし  $V_s, W_s$  = 基準温度における拘束電圧 (V) および

拘束入力 (W)

$I_s$  = 拘束電流 (A)

$r_1, r_2 = t^{\circ}\text{C}$  における一次および二次の抵抗

( $\Omega$ )

$X_1, X_2 = t^{\circ}\text{C}$  における一次および二次のリアクタンス ( $\Omega$ )

$T$  = 基準温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t$  = 測定時の周囲温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

軸受油の粘度変化による軸受損の変化に対しては、使用する特定の軸受油の温度特性をあらかじめ求めておき換算するものとする。

#### ク. 起動時の速度対トルク曲線

従来困難視されていた過渡的トルク変化をそのままブラン管に画かせる装置を作り試験している。この原理は本誌に発表したとおりであるが、電気的微分回路方式を採用したので、過渡現象に即応して時間的遅れがなく、異常トルク等の解析が容易にできるようになった。

#### 7. むすび

医者は Behaviordisorder という言葉をよく使う。電動機を生産するにも多種多様な「トラブル」がある。まさに試験検査に携わる者は医者であり保健医であろう。トラブルが起きれば投薬して回復させ、起りそうな気配が発見されれば予防する。

今まで述べたことはわれわれが日常出会わしていることの一例を紹介したのであるが、顧みて汎用電動機の使命を思うとき基礎産業に、はたまた家庭電気品の動力に果す役割は極めて大きい。品質管理の意義もこの辺にあると考える。筆者等は今日のやり方に満足はしていない。今日は明日のことを考えて需要者に応えたいと思うばかりである。

#### 引用文献

- (1) 白川、梶谷：カゴ形誘導電動機の回転子試験装置「三菱電機」27, 307 (昭 28-8)
- (2) 藤田：限界ゲージを用いる新しい品質管理方式「機械の研究」5, 183 (昭 28-3)

# 螢光燈用電動複流發電機

神戸製作所

小山建次\*・武藤哲\*

## Double Current Motor Generator for Fluorescent Lighting

Kenji KOYAMA・Tetsu MUTO

Kobe Works

The fluorescent light, finding its way into the car illumination in the traffic engineering, calls for an alternating current power source to give full play to its efficacy. For this purpose, d-c motor generators are being built here and there. They must possess characteristics of constant voltage and constant frequency. The first unit completed by Mitsubishi was the one delivered to the Kinki Japan Railways in 1953 and since then a number of machines have been built with satisfaction to the users. This paper deals with those motor generators.

### 1. まえがき

最近の車両技術の進歩は著しいもので、次々と優秀なる新造車の出現となっている。一方車両照明も従来の白熱電燈に代り、快適な明るさを持つ螢光燈照明が急激に増加しつつある。これの電源には交流が最適であるので、電動発電機（以下単に M-G と呼ぶ）は交流出力を有するいわゆる螢光燈用 M-G が盛んに使用される現状である。螢光燈用 M-G は在来の直流式 M-G とは形態を異にし、優秀な定電圧、定周波数特性を持たすため、各種各様の方式が採用されている。当社においては昭和 28 年 4 月近畿日本鉄道向に始めてこの種製品を納入して以来現在まで多数の螢光燈 M-G を斯界に送り、好成績にて運転中であるが、ここにその内容の概要を説明する。

### 2. 特質

螢光燈 M-G に具備すべき特性の主なものはつぎのとおりである。

#### ア. 定電圧特性

螢光燈の点燈特性として、電源電圧が余り低下すると点燈不能となることは、白熱電燈に比較し大いに違う点

である。いま一例として標準のグロー点燈回路では、FL-20 型の 100 V のもので、点燈電圧は 80~85 V 以上、消燈電圧は 75~80 V 以下という値である。もちろん車両用の点燈方式にはいろいろあるが、電源電圧が 85 V を割るようでは使用に堪えねばかりでなく、管球の寿命が短くなるので電源電圧の変動は ±5% 程度にすることが望ましい。

#### イ. 定周波数特性

螢光燈の点燈回路には、一般に管球の電圧対電流特性が負であることを補償するため、適当なリアクタが挿入されている。今もし電圧の変動がないとして周波数のみ変化する場合を考えると、リアクタのインピーダンスが周波数の変動に比例して変化するので、管に流れる電流の変化を来たし、管球の寿命を短かくするものである。すなわち螢光燈電源としては定電圧特性のほかに定周波数特性が必要となる。これは従来の M-G とは大いに異なる点であって、M-G の発生する周波数は回転数に比例するので、M-G としては定回転数特性を具備することが必要である。

つぎに周波数の値は、螢光燈には白熱電燈のように残影現象がないので、チラツキに直接影響するのでできる

だけ高いことが望ましい。しかしながら余り高周波にすることとは機械の経済的面より考えて高価なものとなるので、実用的にチラツキの感じられない値として通常 120 c/s を選んでいる。

周波数の変動としては  $\pm 6\%$  程度にすることが望ましい。

#### ウ. その他

- (1) 堅牢にして小型軽量であること。
- (2) 噪音の少いこと。
- (3) 防振装置が充分であること。
- (4) 保守点検が容易なこと。

### 3. 種類

#### ア. 用途別分類

螢光燈 M-G を車両向用途別に分類すると大体つきのようになる。

##### (1) 大型郊外特急電車用

交流容量 2.5~3.5 kVA

2~3 車両分の螢光燈照明、車内放送設備、車内売店用電熱器等の電源用。

直流容量 1.0~1.5 kW

各種制御器の制御用、前照燈、尾燈、各種指示燈用。

##### (2) 一般郊外電車用（急行車、普通車）

交流容量 2.0~2.5 kVA

2~3 車両分の螢光燈電源

直流容量 1.0~1.2 kW (1) と同一用途

##### (3) 高級市街電車用（総括制御車）

交流容量 1.0~1.2 kVA

1 表 螢光燈用電動発電機製作経歴表

区分	型式	直 流 入 力			交 流 出 力					直 流 出 力		重量 kg	納 入 先
		kW	V	rpm	kVA	V	c/s	$\phi$	p.f.	kW	V		
交 直 両 用	MG-40-S	7.5	1,500	3,600	2.8	100	120	2	0.9	1.2	100	430	小田急
	MG-40A-S	〃	〃	〃	〃	200	〃	〃	〃	〃	〃	〃	山陽電鉄・神戸電鉄
	MG-40B-S	〃	600	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	奈良電鉄
	MG-41-S	5.4	1,500	3,600	2.0	100	120	2	0.9	1.0	100	360	定山渓鉄道
	MG-41A-S	〃	600	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	
	MG-42-S	3.0	600	3,600	1.2	100	120	1	0.9	0.3	100	270	大阪市電
	MG-42A-S	〃	〃	〃	〃	200	〃	〃	〃	〃	〃	〃	東京都電
	MG-42B-S	3.6	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	280	京都市電・神戸市電
	MG-43-S	8.0	1,500 600	3,600	2.0	100	120	2	0.9	2.5	100	550	近畿日本鉄道
	MG-43A-S	8.5	1,500	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	530	近畿日本鉄道
交 流 用	MG-45-S	9.0	1,500 600	2,400	2.0	100	120	2	0.9	2.5	100	860	近畿日本鉄道
	MG-47-S	4.0	600	3,600	2.0	200	120	2	0.9	0.3	36	370	帝都高速度
	MG-50-S	6.3	600	3,600	2.5	200	120	2	0.9	1.0	100	330	近畿日本鉄道
	MG-44-S	1.4	600	3,600	0.8	100	120	1	0.9			120	
送 機 風 付	MG-46-S	1.6	24	1,650	0.84	105	55	1	0.9			200	国鉄
	MG-48-S	10	600	2,400	3.5	220	120	3	0.9	風量 100m <sup>3</sup> /min	風圧 80mm/Ag	580	阪神電鉄

1 車両分の螢光燈および前照燈電源

直流容量 0.3~0.5 kW

制御電源

(4) 一般市街電車用（直接制御車）

交流容量 0.8~1.0 kVA

1 車両分の螢光燈電源用

#### イ. 方式別分類

(1) 交直両用型

交流電圧 100 V または 200 V 単相または二相

直流電圧 100 V

(2) 交流型

交流電圧 100 V または 200 V

(3) 特殊型

架線電圧 1,500 V 600 V 両用のもの

送風機付のもの

直流電圧が 100 V 以外のたとえば 24 V または 36 V とし蓄電池と浮動に入れるもの

#### ウ. 当社における製作経歴

当社における製作経歴は 1 表のとおりである。

### 4. MG-40-S 型電動復流発電機

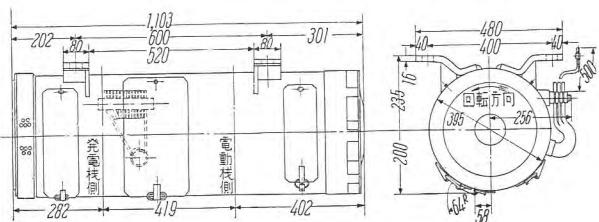
当社の螢光燈 M-G は 1 表のとおり多種にわたっているが原理その他についてはおおむね同一であるので、ここに代表製品として MG-40-S 型について詳細説明することとする。

#### ア. 主要項目

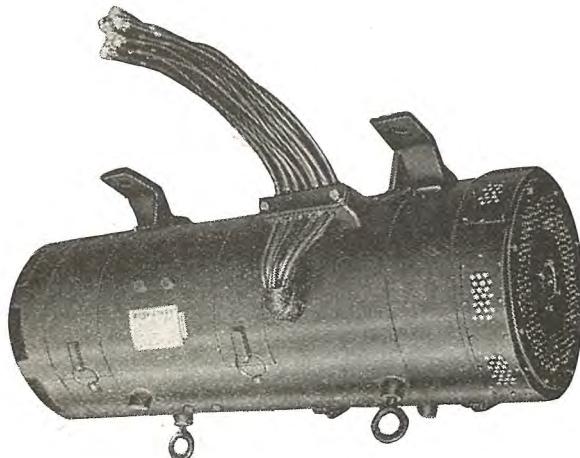
型式 MG-40-S 型

定格 電動機 5.5 kW 1,500 V 5 A 3,600 rpm

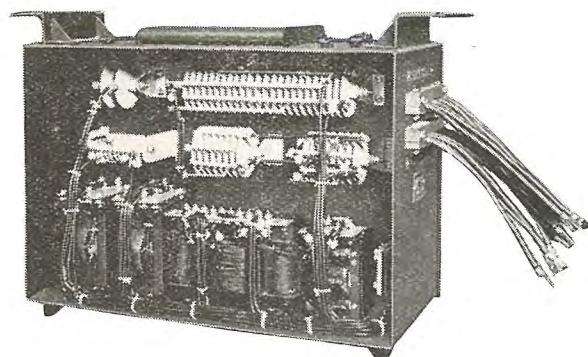
2 極複巻（調整界磁付）



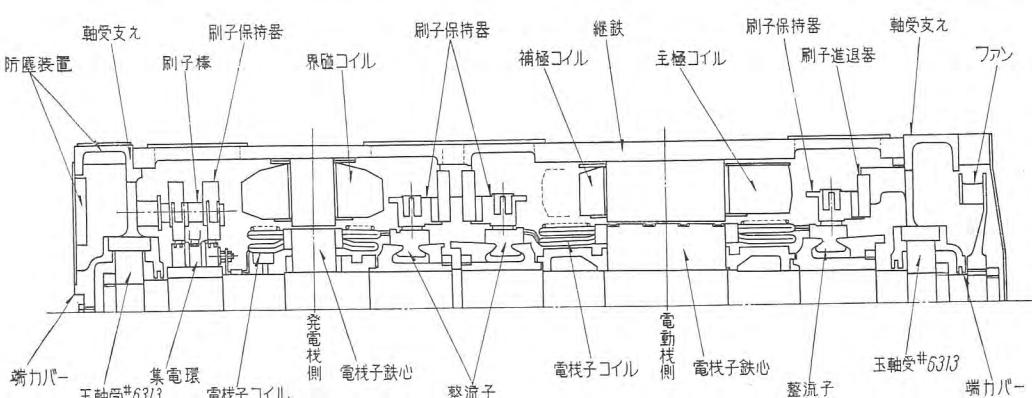
1 図 MG-40-S 型電動発電機外形寸法図  
Fig. 1. Dimensions of type MG-40-S motor.



2 図 MG-40-S 型電動複流発電機  
Fig. 2. Type MG-40-S double current motor generator.



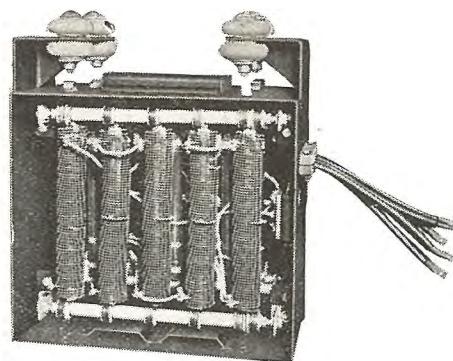
3 図 自動電圧調整器  
Fig. 3. Automatic voltage regulator.



6 図 組立断面図  
Fig. 6. Sectional view of type MG-40-S motor generator.

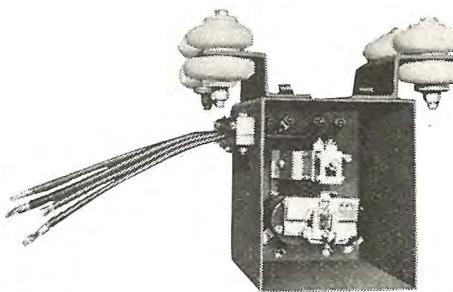
4 図 抵抗器箱

Fig. 4.  
Resistor box.



5 図 繰電器箱

Fig. 5.  
Relay box.



発電機

交流 2.8 kVA 100 V 14 A 2φ 120 c/s  
p.f 0.9

直流 1.2 kW 100 V 12 A

4 極複巻 (調整界磁付)

連続定格

付属機器

自動電圧調整器箱, 抵抗器箱, 繰電器箱  
本機の外形寸法は 1 図のとおり, 外観を 2 図から 5  
図に示す.

#### 1. 本体構造

6 図は本体の組立断面図を示す. 本機は電動機および  
発電機を同一枠および軸上に組立てた構造である. 電動  
機側には 2 個の整流子を有し, 電気的には直列に接続す  
ることにより良好な整流を得るようにしている. 発電機  
側は交流巻線と直流巻線を同一鉄心に挿入することによ  
り, 重量の軽減を計っている. また集電環および整流子  
を両側に取付けそれぞれ交流および直流出力を採り出す  
ようにしている. 回転子の鉄心上線輪上のバインド線は

錫引ノンマグ線を  
使用している. 通  
風は電動機側軸端  
に取付けたアルミ  
製ファンにより軸  
方向に通風し, 風  
の入口には充分な  
防塵装置が取着け  
てある. 防塵装置  
は保守に容易なる  
如く, 取外し容易  
な構造となっている.  
継鉄は溶接構

造とし機械的に堅牢にしてかつ軽量となるように設計している。本機は比較的高速回転で運転するため、とくに防音防振には充分な注意を払っている。これがため本機の取付には7図の如き防振ゴム吊手を使用している。

#### ウ. 回路方式および原理

本機の接続要領は8図のとおりである。螢光燈用M-Gは2項で述べたような特性を持たせることが必要であるが、本機ではつきの要領によりこの特性を出すようにしてある。

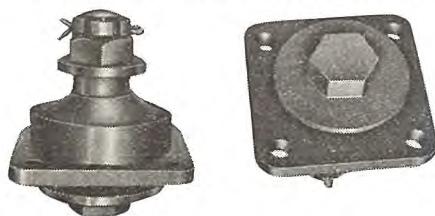
##### (1) 定周波数特性

定周波数特性を出すためには定回転数特性であればよい。いまM-Gの回転数の変動原因を考えると、主なものはつぎのとおりである。

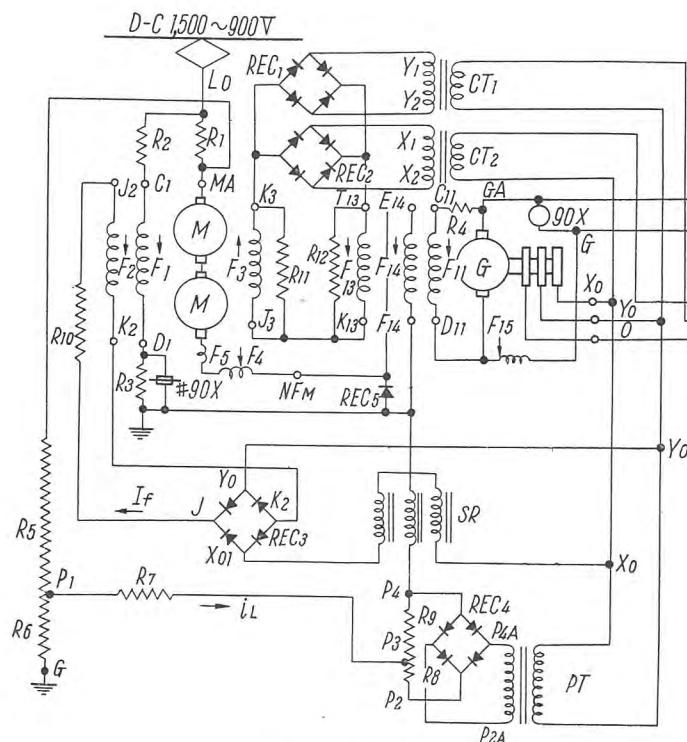
- 入力架線電圧の変動
- 発電機側負荷変動

##### ○架線電圧変動に対する定回転数特性

直流電動機の入力電圧の変動に対し回転数をできる限り一定とするためには、設計上低飽和の設計とし分巻方式にすればよいが、車両用M-Gの入力電圧の変化の如き大なる変動に対しては、定回転数特性を出すことは困難である。いま架線電圧の変化を仮に1,500Vより900Vとし電動機を無負荷と考え、一定回転数の特性とする

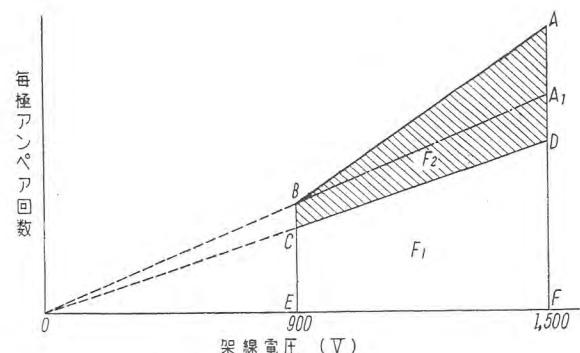


7図  
防振ゴム吊手  
Fig. 7. Vibration proof rubber suspension.

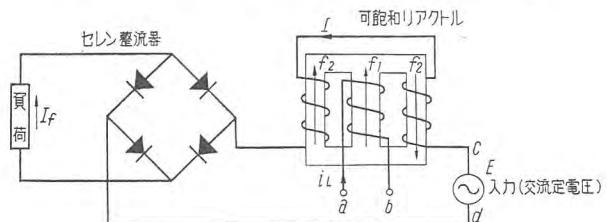


8図  
MG-40-S型電動発電機接続図  
Fig. 8. Connection diagram of type MG-40-S motor generator.

螢光燈用電動復流発電機・小山・武藤



9図  
定回転数特性説明図  
Fig. 9. Constant speed characteristic curves.

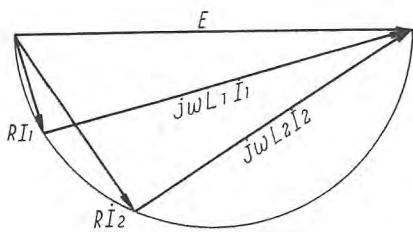


10図  
電動発電機結線図  
Fig. 10. Schematic diagram of motor generator.

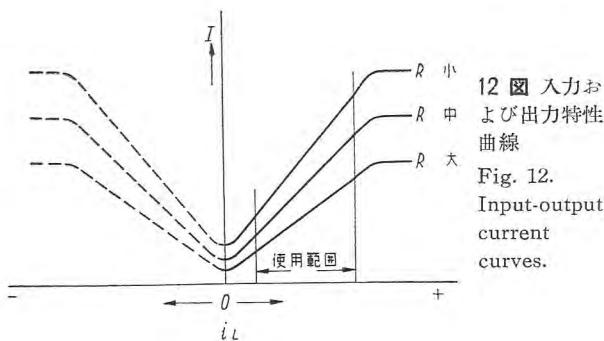
に必要な毎極アンペア回数の曲線は、9図ABの如き曲線となる。これを分巻界磁のみで励磁するとしてもし900Vで定回転に合わせると、1,500Vでは必要なアンペアターンAFに対しA<sub>1</sub>、F<sub>1</sub>となり相当な過速度となる。また逆に1,500Vにて合わせると900Vでは非常な低速度となるものである。すなわち主界磁に与えられるアンペア回数の変化を、架線電圧の変動の割り大きくせねば、一定回転数とはならない。本機ではABの曲線を得るために、分巻界磁として、CDFEにて示すF<sub>1</sub>

なるアンペア回数を与え、残部のBCDAに相当する(斜線の部分)アンペア回数を、F<sub>2</sub>なる調整界磁によって得るようにしている。すなわちF<sub>2</sub>調整界磁は架線電圧の変化をSR等の制御器により増幅して励磁するものである。

○SR可飽和リアクタの作用  
SRは磁気増幅器の一種で可飽和リアクタと称せられるものである。その構造は10図に示すように外鉄型変圧器の鉄心にf<sub>1</sub>およびf<sub>2</sub>コイルをそれぞれ図の如く巻いたもので、f<sub>1</sub>コイルは入力制御コイルで直流制御電流i<sub>L</sub>を流しf<sub>2</sub>コイルは出力側コイルで交流出力電流Iを流す。f<sub>2</sub>コイルのインダクタンスはf<sub>1</sub>コイルに流れる制御電流によって変化するから、これを負荷回路に直列に挿入しておけ



11 図  
M-G 回路の電圧電流関係  
Fig. 11.  
Relation between currents and voltages of MG circuit.



12 図 入力および出力特性曲線  
Fig. 12.  
Input-output current curves.

ば、負荷電流は  $f_1$  コイルに流す電流によって制御できるから 10 図のように整流器によって出力電流を整流し、電動機調整界磁コイルに与えれば  $i_L$  によって調整界磁のアンペア回数を変化することができるわけである。

いま  $f_1$  に流す制御電流を  $i_L$  とし、 $i_L$  を変化することにより  $f_1$  のインダクタンスを変え、入力  $cd$  端よりみたインダクタンスが  $L_1$  より  $L_2$  に変化したとすれば  $I$  は次式であらわされる。

$$I = \frac{E}{R + jwL} \quad R = cd \text{ 間の抵抗} \\ L = cd \text{ 間のインダクタンス}$$

これは A.C. 側電圧および周波数を一定とすれば 11 図のような関係となる。

この関係を  $i_L$  を横軸に  $I$  を縦軸にとって曲線にすると  $i_L = 0$  を対称とした 12 図のような曲線となる。

$i_L$  の変化に対する  $I$  の変化は  $f_1, f_2$  コイルの巻数を変えること、および  $R$  を加減することにより 12 図のようにいかようにも変化することができる。

#### ○本機の SR 回路について

本機では調整界磁コイル  $F_2$  を  $F_1$  に対し和働になるように動作させ、 $F_2$  には架線電圧の変化によりさらに大きなアンペア回数の変化をあたえてやるようにし  $F_1, F_2$  の合成界磁により回転数を調整するのである。 $F_2$  コイルに架線電圧の変化を拡大したような電流を流すために次のようにしている。8 図において  $R_5, R_6$  は高抵抗であって  $P_1-G$  間 ( $R_3$  の両端) には架線電圧に比例した電圧が加わる。一方出力側の  $X_0, Y_0$  間の交流電圧を変圧器 PT を介して適当な電圧に変え、セレン整流器  $REC_4$  で全波整流し  $P_2-P_4$  間に直流電圧を加える。いま簡単にするために  $P_3$  点が  $P_2$  点にあるとすると、 $P_2-P_4$  間にはほぼ一定の電圧が印加されることとなり  $P_2$  が (+)  $P_4$  が (-) となる。かくして  $G-P_1-P_3-P_4-G$  という回路がつくられ  $i_L$  という電流が流れる。この回路の電源は  $P_1-G$  間電圧と  $P_2-P_4$  間電圧との差となるから、 $P_2-P_4$

間の電圧を適当に選ぶことにより架線電圧の変化（したがって  $P_1-G$  間電圧の変化）に対し  $i_L$  を任意に変化させることができる。 $P_2-P_4$  間の電圧はもちろん PT の設計により定まるが、さらに  $P_3$  点の位置を適当に選ぶことによって  $P_3-P_4$  間の電圧として調節することができる。かくして架線電圧の変化を拡大した電流  $i_L$  が SR の制御コイルに流れ、出力コイルのインダクタンスを変え電動機側調整界磁コイル  $F_2$  に流れる電流を変化させることができるわけである。 $P_1, P_3$  点のえらび方および  $R_7, R_{10}$  などの値を M-G 特性に合うように調整しておけば、架線電圧の変動に対して常に電動機を定回転数に保持し、したがって出力電圧および周波数が一定になるわけである。

#### ○発電機側負荷の変動に対する定周波数特性

今まで述べたのは全部出力側を無負荷と考えた場合であったが、実際は負荷の変動が考えられるのでこれに対し次のような補償回路を設けている。交流側各相  $X$  相  $Y$  相のそれぞれの負荷電流に比例した出力を 2 箇の変流器  $CT_1, CT_2$  を介してセレン整流器  $REC_1, REC_2$  により整流して直流にし、電動機側  $F_3$  コイルに流すようしている。8 図により明らかなように  $F_3$  コイルは弱め界磁として動作する。いま負荷電流が増大して電動機速度が低下しようとすれば  $F_3$  コイルに流れる電流が増加するから、電動機界磁を一層弱めることとなり速度の低下を防止する。逆に負荷電流の減少した場合も同様に電動機速度の上昇を防止することができる。なおこの調整は負荷変動の程度により補償量を加減する必要があるため  $R_{11}$  抵抗を  $F_3$  コイルに並列に接続し、 $F_3$  に流れる電流量を加減しうるようにしている。

#### (2) 定電圧特性

本機の発電機は分巻発電機であるため架線電圧の変動に対しては電動機速度を一定に保持することにより定電圧特性を保つことができる。架線電圧の変動に対する電動機の定速度補償は前述のとおりであるが、負荷の変動に対する定電圧特性はつぎのようしている。定周波数特性の項で述べたように交流負荷電流に比例した電流を変流器およびセレン整流器を介して取り出し発電機側  $F_{13}$  コイルに与えまた直流負荷に対しては負荷回路に直列に  $F_{15}$  コイルを設け  $F_{13}, F_{15}$  コイル共それぞれ分巻コイル  $F_{11}$  に対し和働に動作するように接続している。いま負荷電流が増大して発電機出力電圧が降下しようとすれば  $F_{13}, F_{15}$  コイルの電流が増加するから発電機界磁を強めることとなり出力電圧の降下を防止することができる。

#### エ. 各部の名称および機能

8 図接続中の各部の名称および機能は大体つぎのとおりである。

##### (1) 直流電動機

$F_1$  : 分巻界磁コイル 普通の分巻コイルで架線電圧に比例するアンペア回数をあたえる。

$F_2$ : 調整電圧界磁コイル  $F_2$  は  $F_1$  に対して和働になるように動作する調整界磁コイルである。架線電圧の変動に対し電動機速度を一定になるように交流側出力を電源として可飽和リアクトルの作用により調整する界磁コイルである。

$F_3$ : 調整電流界磁コイル  $F_3$  は  $F_1, F_2$  に対し差動になるように巻かれ電動機の弱め界磁として働く。負荷変動に対する周波数補償用界磁コイルである。

$F_4$ : 直巻界磁コイル

$F_5$ , 補極コイル

(2) 複流発電機

$F_{11}$ : 分巻界磁コイル 自励分巻界磁コイルで、直流側出力 100V により励磁される。

$F_{13}$ : 調整電流界磁コイル 交流側負荷電流に比例する電流を流し  $F_{11}$  と和働に作用せしめ、発電機側交流負荷変動に対して発生電圧を一定にするための補償用界磁コイルである。

$F_{14}$ : 直巻界磁コイル 電動機負荷電流により励磁されるもので、発電機の極性変換防止および架線電圧変化による負荷電流の変化に比例する励磁を与えることにより、発電機の電圧特性をよくするものである。

$F_{15}$ : 直巻コイル 普通の複巻発電機の直巻コイルに相当するもので、直流の負荷変動に対する電圧補償用である。

(3) 抵抗器箱に含まれる抵抗器

$R_1$ : 電動機直列抵抗 電機子に直列に接続され起動電流をおさえると共に、運転中架線電圧の急変による瞬時大電流をおさえるものである。

$R_2$ : 電動機分巻界磁抵抗 分巻界磁  $F_1$  に直列に接続され、分巻界磁電流の調整用である。

$R_3$ : 電動機分巻界磁抵抗 分巻界磁  $F_1$  に直列に接続され、起動時は接点 #90X により短絡されている。これは起動時  $F_2$  コイルに電流が流れないとため、起動時間が長くなるのを防ぐために、起動時  $R_3$  を短絡し  $F_1$  を強め界磁とし、起動完了後接点 #90X が開き分巻界磁抵抗として  $R_2$  と共に  $F_1$  回路に挿入されるものである。

$R_4$ : 発電機分巻界磁抵抗

$R_5, R_6$ : 架線電圧検出抵抗 架線とアース間にねじで本抵抗を通じて電流を流し、 $R_5$  と  $R_6$  の中間タップ  $P_1$  に架線電圧に比例した適当な電圧を探り出すものである。

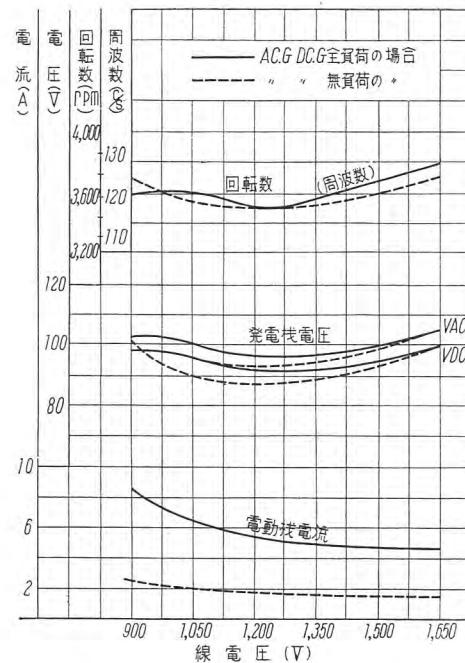
$R_7$ : 調整抵抗  $P_1, P_3$  間に接続された抵抗で  $SR$  の制御電流を調整する抵抗である。

$R_8, R_9$ : 基準抵抗 セレン整流器  $REC_4$  の出力側に接続された抵抗で  $P_3$  点を適当に選び  $P_3, P_4$  間電圧を調整することができる。

$R_{10}$ : 調整抵抗 この抵抗により  $SR$  の増幅率を調整することができる。

$R_{11}, R_{13}$ : 調整抵抗 これは  $F_3, F_{13}$  にそれぞれ並

螢光燈用電動複流発電機・小山・武藤



13 図 MG-40-S 型電動発電機特性曲線図

Fig. 13. Characteristic curves of type MG-40-S motor generator.

列に接続され、各界磁電流を調整する。

$REC_1, REC_2$ : セレン全波整流器 変流器 CT の二次電流を整流し、負荷電流に比例した直流を  $F_3$  および  $F_{13}$  に供給する。

$REC_3$ : セレン全波整流器  $SR$  により制御された電流を全波整流し、 $F_2$  に供給する。

$REC_4$ : セレン全波整流器 PT の二次側交流電圧を全波整流し、 $SR$  の制御回路の一部  $P_3, P_4$  間に直流電圧を印加する。

$REC_5$ : 逆流防止セレン整流器 パンタグラフの跳躍などにより架線から離れた場合、電動機の逆起電力により  $MA-R_1$ -他機器回路  $-G-F_{14}-F_4-F_5$  回路を通り逆流が流れる。すると発電機界磁の  $F_{14}$  に逆流が流れて出力電圧を急激に降下させることになる。このため接続図のように  $F_{14}$  に  $REC_5$  を並列に継ぎ、逆流に対し  $F_{14}$  を短絡し発電機電圧の急変を防止している。

#### オ. 特 性

本機の特性を 13 図に示す。図にて判るように架線電圧変化 900~1,650 V に対し電圧周波数とも変動率は約 ±5~6% 程度で、螢光燈電源として充分な特性のものである。

#### 5. む す び

螢光燈 M-G は、出現後日なお浅く、直流 M-G のように設計製作とも固定したものが少く、たとえば制御回路方式にても刻々と改良進歩している現状である。ここに当社の製品の一端を紹介して各位の参考ともなれば幸甚である。

# 回転対陰極X線装置の試作

研究所

今村元\*・中村貢\*

## Trial Manufacture of Rotary Anode X-Ray Tubes

Gen IMAMURA, Mitsugu NAKAMURA

Research Laboratory

Cutting exposure time as much as possible is an indispensable requisite to make a speedy investigation of the structure of solid materials by means of X-ray photography. Likewise, sharp pictures are vitally important for X-ray radiography for this end. To meet these requirements, mercury seal type and Wilson seal type rotary anode X-ray tubes have been manufactured trially. Thorough studies on them have revealed that the exposure time is reduced to below one-tenth in the case of the mercury seal type and the Wilson seal type is markedly featured by not only reduction of the exposure time but sharpness in the radiograph. This article chiefly describes about the latter type.

### 1. まえがき

物質の構造、とりわけ固体の構造の研究に対するX線解析および透視X線写真撮影の要求は研究の種々の段階において、最近急激に増加する傾向にある。

これまで使用した固定式対陰極X線装置は写真撮影に長時間を要した。できるだけ短時間に撮影するには、対陰極を回転させて電子流のあたる面積を大きくすることによって負荷を大きくし、また電子流の焦線幅を小さくし、さらに対陰極が電子流の熱のために破損せぬよう冷却できる構造にすればよい。回転対陰極X線装置は最近外国および国内において急速に進歩し、誘導電動機式、分子ポンプ式、真空摺合式、水銀シール式、stuffing box予備真空式、Wilson seal式等の種々の型式がある。私共は最初阪大産研西山教授考案の水銀シール式を採用して、固定式対陰極の場合の1/10以下に撮影時間を短縮することができたが、さらに進んで次にはWilson seal式（本装置の場合とくにGaco sealとも呼ばれている）を採用し、電子集束筒とフィラメントとの間に負電圧を加えて電子流の拡がりを小さくし、焦線幅を0.2mm程度にすることによって、上述の要求を満たすことができるようになった。このWilson seal式回転対陰極X線装置は小型で真空度も良くフィラメントの寿命も非常に長くなり、動作が安定である。

試作した両装置のうちとくにWilson seal式装置につき、その構造の概要および実験結果を簡単に報告する。

### 2. 構造

対陰極を回転式にすれば負荷をいちじるしく増しうる

ことは1929年A. Müllerが計算によってその可能性を述べている。彼の計算結果を示すとつぎのようになる。対陰極にかかる負荷を $W_{\text{watt}}$ とすると、

静止対陰極のときは

$$W_{\text{max}} = 4.25 \times \kappa \times (T - T_0) \times \delta$$

回転対陰極のときは

$$W_{\text{max}} = 4.04 \times \kappa \times (T - T_0) \times \delta_2 \times \sqrt{\frac{\rho C}{\kappa} \cdot v \cdot \delta_1}$$

ただし、

$\kappa$ : 対陰極物質の熱伝導度 (Watt cm<sup>-1</sup> deg<sup>-1</sup>)

$T$ : 同上融点 (deg.)

$T_0$ : 同上冷却端の温度 (deg.) (一定)

$\rho$ : 同上密度 (gr cm<sup>-3</sup>)

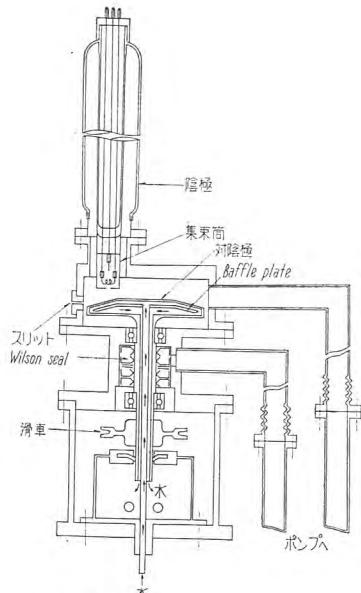
$c$ : 同上比熱 (cal. gr<sup>-1</sup> deg<sup>-1</sup>)

$v$ : 焦点および対陰極の相対速度 (cm sec<sup>-1</sup>)

$2\delta_1, 2\delta_2$ : 焦線の幅と長さ (cm)

$\delta$ : 円形焦点のときの半径 (cm). このときは  $\delta = \delta_1 = \delta_2$

これらの式を導くに当って、Müllerはつぎのような仮定を置いた。すなわち、対陰極は無限平面の表面を有する質量の大きい金属とし、表面に垂直な方向での温度傾斜は焦点以外の所では零であるとした。また対陰極の他端の境界は焦点の大さくに比べて大きな距離にある。 $W_{\text{max}}$ の式に対陰極の大さくが入らないのはこのためである。またMüllerの式は焦点の大さくが1×0.1mm以上のとき成立する式であって、それより焦点が小さくなると適用できなくなる。Müllerは以上の式から静止対陰極の場合（焦点の直径1mm）、対陰極が銅であれば連続0.76kW、鉄なら高々0.16kWであることを示し



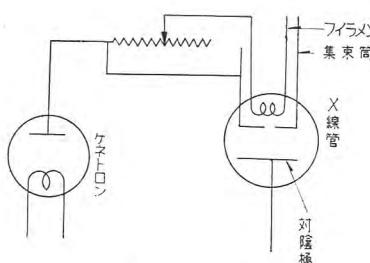
1 図 Wilson Seal 式回転対陰極 X 線管の断面図

Fig. 1. Section of Wilson Seal type rotary anode X-ray tube.

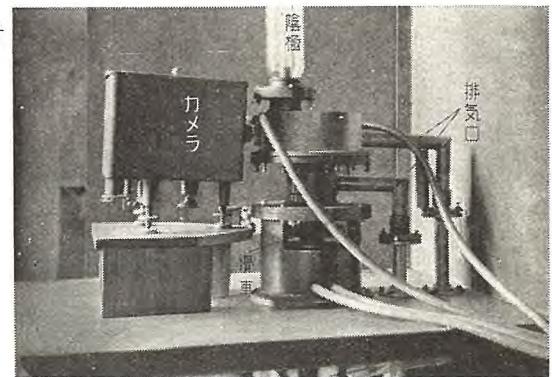
ている。一方回転対陰極（有効直径 59 mm, 回転数 2,000 回, 焦線の大きさ  $10 \times 1$  mm）の場合には、銅で 14 kW まで耐え、種々の事故を考えても 5 kW を連続にかけられることになる。現在の Wilson seal 式では焦線幅  $10 \times 0.4$  mm で 35 kV 30 mA であるから  $10 \times 1$  mm におして約 2.5 kW に耐えていることになる。この場合鉄の対陰極であるから静止対陰極の約 15 倍に相当するものである。以上で回転対陰極にすると如何に能率が良くなるかが判る。

水銀シール式の場合は容積が大きくなること、対陰極の回転数に制限があること、組立作業が面倒で、摺合部分が多く水銀蒸気のためにフィラメントの破損が比較的早く、電子流を絞るのに集束筒だけによる空間電荷を利用していたため 1 mm より小さい焦線幅を作ることに非常に困難を伴う。これらの困難を除くために試作したのが Wilson seal 式 X 線管である。

1 図は試作した X 線管球の断面の略図である。とくに水銀シール式の場合と異なるところは気密保持に水銀の使用を止めて Wilson seal (Gaco seal とも呼ばれている) を使用し、フィラメントの水冷を止めて集束筒に負の電圧を加えたことおよび気密保持のため窓に貼るアルミニウム箔以外はすべてゴムパッキングを使用したことである。そのために非常に簡単な構造になり、容積も小さくなつた。まず対陰極は対陰極底板とゴム・パッキングで止めてあるから必要に応じて対陰極の交換が簡単にできる。対陰極の冷却は 1 図に示す通り水でおこなう。このとき baffle plate の傾斜は対陰極の傾斜の半分にして冷却効果を大きくしてある。Wilson seal を挿入する気密部分には、4 箇の Wilson seal, 2 枚のゴム板、スペーサーに一枚の鉄円板を重ねて気密を保持する。Wilson



2 図 バイアス電圧回路  
Fig. 2. Bias voltage circuit.



3 図 Wilson Seal 式回転対陰極 X 線装置

Fig. 3. Photograph of Wilson Seal type rotary anode X-ray tube.

seal の中央部に当るところに、用心のため補助排気口を付けてある。Wilson seal はネオプレーンで作った。Wilson seal 間には密着用ならびに潤滑用にグリースと真空拡散ポンプ油とを充填してある。

胴体は温度上昇を防ぐために水冷式にしてあり、排気装置との連結は tombac flexible tube とゴム・パッキングとを用いて解体作業を容易にした。フィラメントと集束筒との間に負電圧を加えるので、3 本のモリブデン線を封着して中央を集束筒、両端をフィラメント用に使用している。集束筒にはねじを切ってフィラメントから集束筒までの位置が自由に加減できるようにしてある。フィラメントはタングステンを使用した。

フィラメントと集束筒との間に電圧を加えるには電池による方法と self-bias 法との二通りあるが差当って self-bias 法を採用した。2 図にはその回路を示す。

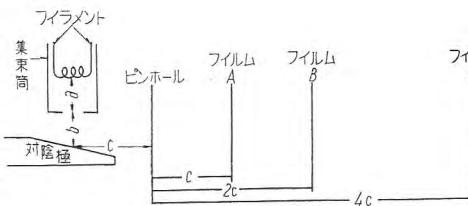
対陰極回転用電動機は堅型の 1/2 HP のものを使用し、対陰極の回転数は 800 rpm で使用している。滑車を交換することにより 1,500 rpm まであげることができる。

排気装置および高圧電源は普通の装置を使用しており、ヒックマン油拡散ポンプと油回転真空ポンプで排気し、真密度はガイスラ管で調べておらず、電源はケネトロン管を用いて半波整流して使用した。3 図に Wilson seal 式 X 線装置の写真を示す。

### 3 実験結果

#### イ. 真空管について

X 線管球の真密度が悪いと、写真撮影の最中に放電を起し、フィラメントの寿命を短縮し、また対陰極タングステンがスッパッタし、さらに焦点の移動も起り易いので都合が悪い。水銀シール式の場合には運転を中止せねばならぬほどの放電は滅多に起らなかったが、フィラメントの寿命が比較的短かく、タングステンが対陰極へスッパッタし易い。そのためにタングステンの L- $\alpha$  線が写真に混入した。この原因は工作上不備な点も多かったし水銀蒸気の影響もあると考えられる。ところが Wilson seal 式では真密度が良好でフィラメントは少くとも約 2



4 図 ピンホール写真撮影略図  
Fig. 4. Pinhole patterns sketched.

カ月の寿命があり、タンゲステンのスパッタも少くそのため  $L-\alpha$  線の混入も認められない。動作が安定であるため撮影中に監視する必要が全然なくなった。

#### ロ. 焦線幅について

4 図に示すようにフィラメントと集束筒との間を  $a$  mm, 集束筒と対陰極との間を  $b$  mm, 焦点の中心からピン・ホールまでの距離を  $c$  mm とした場合、フィルムの位置を A, B, C にしてピンホール写真を撮ることによって焦線幅を調べた。ここでピン・ホールは鉛板に 0.1 mm 幅, 5 mm 長さの細隙をあけたものを使用した。a および b を適当に選ぶことにより水銀シール式の場合には 1 mm 程度の焦線幅が得られた。Wilson seal 式装置の場合には、a, b を適当に選び B 位置でピン・ホール写真を撮った。その結果を 5-1, 2, 3 図に示す。1, 2, 3 表にはその時の X 線管球の電流、電圧、bias 電圧および写真より求めた焦線幅を示す。以上の結果から bias 電圧を適当にえらぶことにより、焦線幅を 0.2 mm 程度にすることは簡単である。ただし bias 電圧を余り高くすると全体に拡がり、焦線幅も大きくなることが判る。

焦線幅とその測定条件の 1 表 2 表 3 表に示した A(m m) B(mm) は、それぞれ強度の弱い部分と強い部分との測定値を示す。

#### ハ. 写真撮影について

今まで述べてきたように Wilson seal 式の場合には焦線幅が小さいので透視写真を撮影すると細かい処まで明瞭に出る。クライストロンの透視写真を 6 図に示す。7 図には真空管の透視写真を示す。これらの例からも判るように透視写真を撮影することによって設計上または工作技術上の種々の知識が得られることが判る。

#### 焦線幅とその測定条件

1 表

X 線管電圧 30 kV.					
写真番号	1	2	3	2	
電流 (mA)	20	25	30	35	45
bias 電圧 (V)	-100	-140	-160	-180	-220
A (mm)	7.5	6.3	5	4.3	2.8
B (mm)	0.79	0.68	0.48	0.41	0.50
実際の焦線幅 (mm)	0.40	0.34	0.24	0.21	0.25

2 表

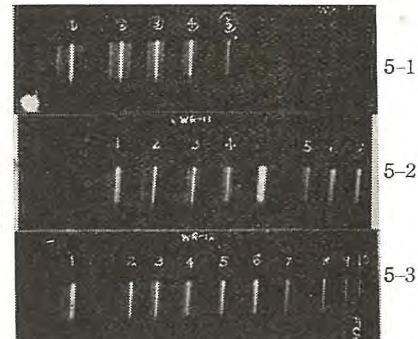
X 線管電流 20 mA. 電圧 30 kV.							
写真番号	1	2	3	4	5	6	7*
bias 電圧 (V)	0	-120	-240	-300	-340	-400	-420
A (mm)	8.0	6.0	3.5	2.8	2.6	2.0	1.8
B (mm)	1.50	0.81	0.41	0.61	0.40	2.0	1.8
実際の焦線幅 (mm)	0.75	0.41	0.21	0.31	0.20	1.0	0.9

\* 電流は 19 mA しか流れない。

3 表

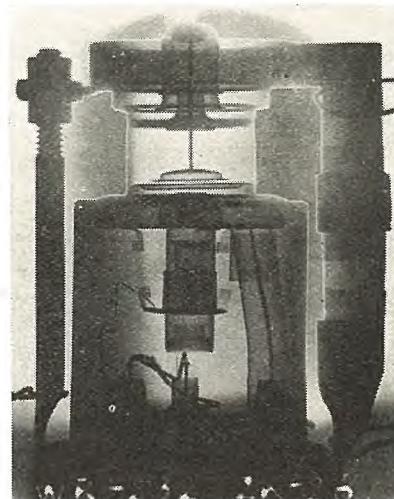
X 線管電圧 30 kV.										
写真番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
電流 (mA)	30	30	30	30	30	28.3	40	40	40	40
bias 電圧 (V)	0	-120	-190	-260	-310	-320	0	-90	-170	-210
A (mm)	10.0	5.5	3.3	2.5	2.0	1.9	8**	5.5	2.5	2.0
B (mm)	1.19	0.66	0.32	0.40	0.4	0.4	1.2	0.5	0.3	0.3
実際の焦線幅 (mm)	0.60	0.33	0.16	0.20	0.20	0.20	0.6	0.25	0.15	0.15

\*\* 非常に弱いものであるから正確でない。



5 図 焦線のピンホール写真 (Wilson seal 式)

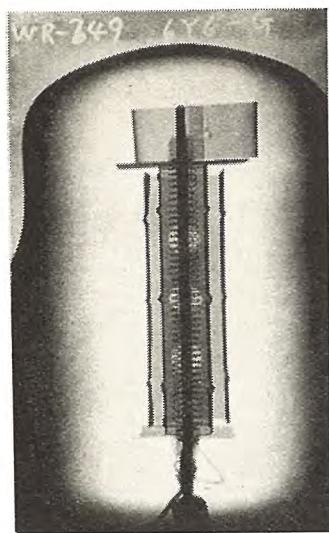
Fig. 5. Pinhole patterns of focused line (Wilson Seal type)



6 図 クライストロンの透視写真

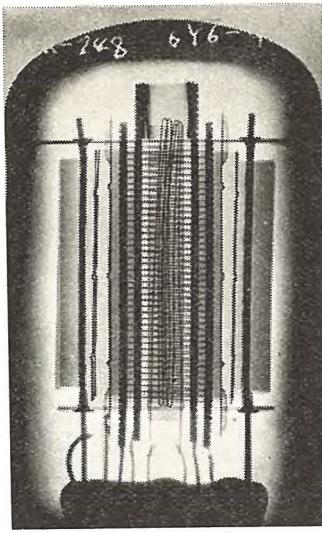
Fig. 6. X-ray radiograph of Klystron 2K26.

つぎに Debye-Scherrer 写真をカメラ半径 35 mm の円筒形カメラを使用して撮影した。フィルタは使用しなかった。フィルムは富士 X 線フィルムを使用した。従来使用してきた固定式対陰極 X 線装置で、40 kV, 5 mA 程度では比較的撮影し易いものでも、少くとも 1 時間は露出する必要があった。撮影し難いものでは 24 時間も掛ることも稀でなかった。8 図に銅線の（露出時間 4 時間）写真を示す。



7-1 図 真空管 6Y6-G の透視写真

Fig. 7-1. X-ray radiograph of vacuum tube 6Y6-G



7-2 図 真空管 6Y6-G の透視写真

Fig. 7-2. X-ray radiograph of vacuum tube 6Y6-G.



8 図 銅線の X 線回折写真 Fe-K<sub>2</sub> 線 4 時間露出  
Fig. 8. Debye Scherrer pattern of Cu-wire Fe-K<sub>2</sub>-4 mA  
35 kV exposure time 4 hours.

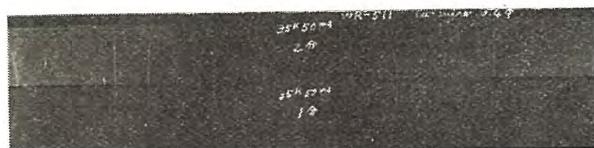


9-1 図 銅線の X 線回折写真試料銅線  
30 mA, 35 kV 5 分露出

Fig. 9-1. Debye-Scherrer patterns of Cu-wire sample ;  
Cu-wire, 30 mA 35 kV exposure time : 5 minutes.



9-2 図 試料銅線 40 mA 35 kV 3 分露出  
Fig. 9-2. Sample ; Cu-wire 40 mA 35 kV exposure  
time : 3 minutes.



9-3 図 銅線の X 線回折写真  
Fig. 9-3. Sample Cu-wire 50 mA 35 kV exposure  
time above 2 minutes, below 1 minutes.



10 図 融光物質の X 線回折写真  
Fig. 10. Debye Scherrer pattern of fluorescent material  
30 m A, 35 kV exposure time 30 minutes.

回転対陰極 X 線装置の試作・今村・中村

水銀シール式の場合対陰極に銅を使用して 0.8 mm  $\phi$  の銅線を試料にした時の写真を 9-1, 2 図に示す。Wilson seal 式の場合にもこれと同様な写真が得られ 9-3 図に示す。固定式装置ではほとんど撮影不可能であった弱い線が撮影できるようになり、そのためにある場合には 2 種混合した物質の量的な大体の決定が容易になることもあるが写真は割愛する。10 図には固定式装置で 15~20 時間の露出を必要としたものを Wilson seal 式で撮影したものである。

以上の写真から回転対陰極にすることによって、撮影時間が従来の固定対陰極の場合より 1/10 以下に縮短でき非晶質、薄膜試料は別として約 1 時間以内で普通の Debye Scherrer 写真の撮影が可能であることが判明した。

#### 4 むすび

水銀シール式および Wilson seal 式回転対陰極 X 線装置が一応完成したので、まだ改良すべき点もあるが、とくに Wilson seal 式装置の構造の概要および現在までに判明した実験結果の一部を簡単に報告した。

いずれの場合でも固定式対陰極 X 線装置に比較して少くとも 1/10 以下に撮影時間が短縮でき、普通 1 時間以内で充分に結晶質試料の回折写真が撮影できることが判明した。

水銀シール式では水銀柱 760 mm という大きな容積を必要とするため、回転数も制限され、操作も相当の熟練を必要としたが、Wilson seal 式の場合には比較的小型で動作が安定で焦線幅も小さくすることができた。さらに Wilson seal 式では鮮鋭な透視線写真も得られた。

終りに臨み、回転対陰極 X 線装置の試作に際し多大のご指導とご援助を下さった大阪大学産業科業研究所西山善次博士、当研究所故若山所長、大野所長、尾島世田ヶ谷工場長、菅野参事、藤永技師ならびに工作部門を担当して頂いた工務課塙見課長、高部技師をはじめ各位に對し深くお礼を申し上げる。

#### 参考文献

- 西山善次 日本国金属学会誌 p. 42 昭和 15 年  
 A. Taylor "A 5 kW Crystallographic X-ray tube with a  
Rotary Anode" Journal of Scientific Instrument Vol.  
26, p. 225 1949.  
 A. Müller, Proc. Roy. Soc. (Lond) Vol. 125 p 507 (1929)  
 上田隆三} Vol. 21 p. 105~110.  
 星野禎男} 応用物理 Vol. 22 p. 149~159.

# 最近の特殊ガラス

研究所

立原芳彦\*・林次郎\*\*

## Special Glass of Late

Yoshihiko TACHIHARA・Jiro HAYASHI

Engineering Laboratory

With the development of the electronic industry, various kinds of novel glass have come into the subject of studies. Ultraviolet-ray transmitting glass to be used for germicidal lamps, fluorescent sun lamps and black light lamps is one of typical examples. On the other hand, electrically conductive glass contrary to the ordinary conception as glass-to be used for heater element, photosensitive glass to ultraviolet ray and shunk glass (called "Vycor") taking the place of quartz have aroused researchers' interest.

### 1. まえがき

近年、電子工業の発展に伴い、その材料としての管球ガラスも、色々と目新しいものが作られるようになった。当社においても、殺菌燈、螢光健康燈、Black light ランプの開発に従い、これらのランプの生命とも申すべき紫外線透過ガラスの研究に従事してきたが、最近に至り紫外線透過率、その他、ガラスとしての特性を充分に満足し得るものを作りし得るに至った。つぎに、興味あるガラスとして電導ガラスを開発した。一般に、ガラスは絶縁物としてよく知られているが、電導ガラスは板ガラス面上を被覆処理したもので、透明であり、抵抗体として熱源に利用される。その他、紫外線によって感光する感光ガラスあるいは、石英に代るべき Shrunk ガラスを研究したのでこれらについて概略説明する。

### 2. 紫外線透過ガラス

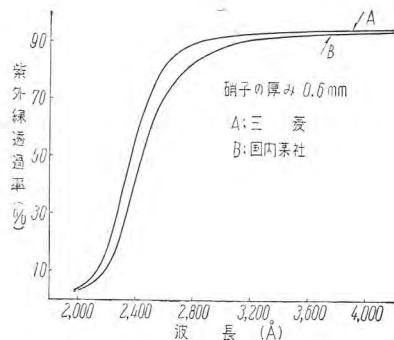
普通、われわれが取扱うガラス、たとえば窓ガラス、ビンやコップのガラス、電球ガラス等——は、紫外線透過限界が  $3,300\text{~}3,500\text{ \AA}$  位であり、紫外線は透過しないといつてよい。当社において開発した紫外線透過ガラスは、それぞれのランプに応じて異った特性を持っている。

#### ア. 殺菌燈用

殺菌燈とは、大体  $2,800\text{ \AA}$  以下の紫外線を出して大腸菌や結核菌のようなものを殺菌しようとするランプである。その主管となるべき紫外線透過ガラスは硼珪酸系ガラスでその膨脹係数はコバルト封着用ガラスとよく適合したものである。つぎにこのガラスの製造上注意すべき

点を述べる。Fe, Ti, As, Pb, Sb, V 等の金属は、紫外線透過率に影響を及ぼすので、ガラスの成分として使用できないのはもちろんのこと、原料中にもその痕跡さえ含有してはならない。とくに、この殺菌燈は、短波長 ( $2,537\text{ \AA}$ ) の紫外線を透過しなければならないので、後述する螢光健康燈、Black light ランプより一層原料は精選されなければならない。上記の金属の中、原料中の不純物として最も多く含有されるのは Fe であり、したがって、このガラスの製造の成否は、数種の原料ならびに溶融坩埚素地の脱鉄方法いかんにかかっている。また、Fe は原子価 2 のものは透過率に影響を及ぼさないので、原料中に還元剤を添加する訳であるが、これが強力なほど透過率はよい。またこのガラスには、普通、ガラスの泡切れ剤として用いる亜砒酸、あるいは、酸化アンチモンが、紫外線透過率に影響を及ぼすので使用することができない。したがって、ガラスに、泡、すじ、が残ることは止むを得ない。当社においては、各原料を充分に精製して、Fe の含有量をいざれも、 $0.0008\text{~}0.002\%$  以下とし、さらに、強力な還元剤を添加し、とくに精製された素地でライニングされた坩埚にて溶融した。1 図にこのガラスの紫外線透過率を示す。

なお、このガラスは紫外線の照射を長時間受けることによって、紫外線透過率が次第に悪くなる。これは、還元剤によって還元せられた Fe が、紫外線を受けることにより、再び原子価 3 の Fe になるためである。当所においては、この点に留意して組成を決定し、減衰率においても、比類のない優秀な製品が完成した。2 図に、照射時間と紫外線透過率の関係を示す。



1 図 Germicidal lamp 用ガラスの紫外線透過率

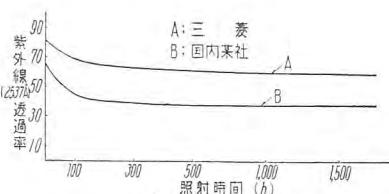
Fig. 1. Ultraviolet ray transmittivity of the glass for germicidal lamp.

#### 1. 融光健康燈用

融光健康燈とは、人間の健康に不可欠な  $3,000\text{ Å}$  位の紫外線を出し、しかも、人間の眼に有害な  $2,800\text{ Å}$  以下の紫外線を出さないランプである。最近、百貨店、銀行、その他屋内従業員保健用に米国では盛んに使用され始めている。このランプの電極はジュメット線であるので、そのステムガラスはジュメット封入用鉛ガラスを使用する。そこで、その主管となるべき紫外線透過ガラスは、この鉛ガラスと膨脹係数がよく適合したものでなければならぬ。このガラスもまた殺菌燈用ガラスのように、精製された原料と特製坩堝にて溶融される。ただ、 $3,000\text{ Å}$  付近は充分に透過し、しかも、 $2,800\text{ Å}$  以下を遮断せんとするところに難しさがある。したがって、ある程度の不純物(主として Fe)の含有が必要なのであるが、その含有量は  $\frac{1}{1,000}\%$  が問題になる。このガラスには殺菌燈用ガラスのように還元剤は使用しない。また短波長( $2,537\text{ Å}$ )紫外線の透過率を問題にしないので、殺菌燈用ガラスと異り、泡切れ剤として亜砒酸、あるいは酸化アンチモンを使用できるから、泡の無い透明なガラスが得られる。3 図に、このガラスの紫外線透過率を示す。

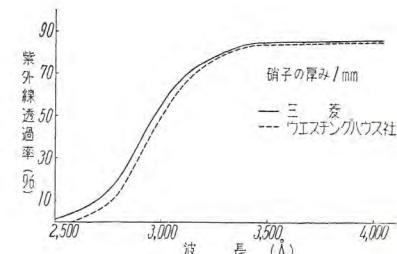
#### 2. Black light ランプ用

Black light ランプとは、 $4,000\text{ Å}$  以上の可視光線を出さず、 $3,000\text{~}4,000\text{ Å}$  の紫外線のみを出すランプである。最近、装飾広告に融光塗料が盛んに使われているが、このランプと組合せて使うと、一層効果的である。また、融光探傷法に応用したり、染色品、生糸、まゆ等紫外線により融光を発するものの検査に使用される。この主管となるべき紫外線透過ガラスは、融光健康燈用ガラスのように、ジュメット封入用鉛ガラスに膨脹係数がよく適合したもので、しかも、 $3,000\text{~}4,000\text{ Å}$  の紫外線のみを透過するものでなければならない。そこで、Ni, Co 等の着色剤を添加して可視光線を遮断する訳であるが、このため、ガラスは作業温度域が狭くなり管引作業が困難になる。かつまた、Ni, Co は紫外線透過率に影響を及ぼすので、紫外線ならびに可視光線透過率とガラスの作業温度範囲の三者を総合考慮して、Ni, Co の含有量を決定しなければならない。なお当社では、上述の特性に影響



2 図 Germicidal lamp 用ガラスのソーラリゼーション

Fig. 2. Solarization of the glass for germicidal lamp.



3 図 Fluorescent Sun lamp 用ガラス紫外線透過率

Fig. 3. Ultraviolet ray transmittivity of the glass for Fluorescent Sun lamp.

を及ぼさない程度に特殊の原料を添加したが、その結果、作業温度域が広くなり管引作業の歩止りが向上した。このガラスもまた、前述のガラスのように、精製された原料と特製坩堝にて溶融されるのはもちろんである。4 図に、このガラスの紫外線透過率を示す。

以上が、当社において開発せられた紫外線透過ガラスで、現在、製品化されているものである。

つぎに、電導ガラスについて、その概略を述べる。

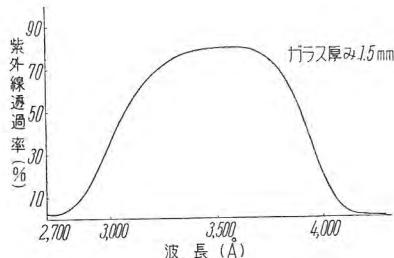
#### 3. 電導ガラス

透明で電導性のあるものが、この電導ガラスである。これは、ガラス自体に電導性のあるものではなく、金属酸化物をガラス表面に被覆処理したものである。ある金属塩溶液を、 $500\text{~}600^\circ\text{C}$  に保持されたガラス表面に Spray-gun にて数秒吹きつけると、薄い黄色の干渉色を呈する電導性物質が被覆される。この厚みが約  $500\text{ m}\mu$  以下の場合にはほとんど透明であり、その厚みを変えることによって表面固有抵抗を  $10\text{~}1,000\text{ ohms/unit sq. cm}$  に調節し得る。しかも、ガラス中にある程度浸透しているので、容易にはく離せず、機械的強度は大であり、耐水性、耐熱性もよい。最近、米国ではパネライトという新しい面光源に使用され出したが、これは電導ガラスに融光物質を塗布し、これに交流電圧をかけることにより光るものであり、融光燈に代る照明として注目せられつつある。また、この電導ガラスに適当な電流を流すと温度が上昇するので、熱源として大いに利用せられる。

これをトースタ等に利用する場合、外から焼け具合が見えるという利点があり、また、抵抗線による発熱体のように輻射熱ではなく直接に熱を受けるので熱効率が非常に高い。なお、この外、ガラスのみではなく、陶磁器のようなものに被覆した場合も同様の特性を持つので、たとえば、電気ストーブ、電気コタツ等の発熱体として、陶磁器に抵抗線を巻く手数を省くことができる。この外、今後、家庭用電器品の熱源として大いに利用されることと思う。

#### 4. Shrunk

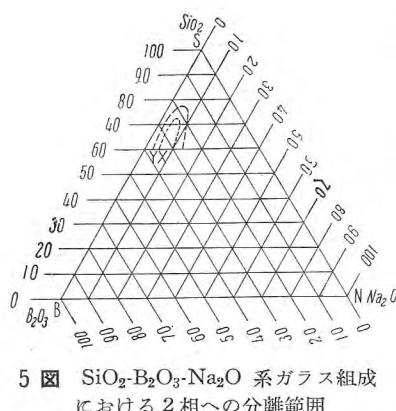
このガラスは、すでに“Vycor”という商品名で米国



4 図 Black light lamp 用ガラスの透過率

Fig. 4. Transmittivity of the glass for Black light lamp.

のコーニングガラス会社から売り出されている。これは、溶融が容易な硼珪酸ガラスに色々な処理を施すことによって、石英とほとんど同性質のものが非常に安価に得られるので、現在、石英を多量に使用している電子管工業にとっては注目すべき製品である。5 図は、 $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$  からなる硼珪酸ガラスを示したものである。ある特定の組成範囲の硼珪酸ガラス、たとえば、図上の X および Y 曲線が示す組成範囲のものを約 530~600°C で熱処理を施すと、 $\text{SiO}_2$  にとむ部分と  $\text{Na}_2\text{O}$  と  $\text{B}_2\text{O}_3$  とにとむ部分との 2 相に分離し、ガラスは青味を帯びた乳白色を呈する。これを約 3N の塩酸にて、アルカリが溶出するまで充分に処理すると、アルカリ部分は徐々に溶出し、ほとんど  $\text{SiO}_2$  部分のみとなり多孔質の白色陶器状となる。これをよく洗浄し、充分に乾燥後、再加熱すると再び透明となり石英とほとんど同性質のものが得られる。この時、ガラスは元の約 65% に収縮する。以上、操作は至って簡単であるが、実際には容易に製品は得難い。2 相へ分離されたガラスを酸処理する場合、ガラス内部の未処理の部分が引張りの力を受けガラスはよく割れる。これは、5 図の X および Y 曲線が示す組成範囲の中、下方部分ほど甚しい。すなわち、アルカリが溶出し易いガラスほど割れ易く、割れ難いものはアルカリも溶出し難いという点で困難性がある。製品の外観は、泡、すじの無い透明なもので、通常のガラスの外観となんら異なるところがない。



5 図  $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$  系ガラス組成における 2 相への分離範囲

Fig. 5. The range of the separation into two phases in the glass of the system of  $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$ .

1 表 Photosensitive ガラスの組成の一例

組成	重量 (%)	調合成分	重量 (kg)
$\text{SiO}_2$	81.5	珪石粉	81.5
$\text{Li}_2\text{O}$	12.0	炭酸リチウム	30.2
$\text{K}_2\text{O}$	3.5	硝酸カリ	4.4
$\text{Al}_2\text{O}_3$	3.0	炭酸カリ	2.2
$\text{CeO}_2$	0.03	アルミナ	3.0
Ag.	0.02	酸化セリウム 酸化銀 亜硫酸	0.032 0.043 0.5

## 5. 感光ガラス

ごく少量の金、銀、銅等を含む特殊のガラスに紫外線を当てた後約 650°C に加熱すると、光の当った部分だけが種々の色に着色する。また、光の角度を変えることによって濃淡ができるので、たとえば、銀を使用した場合は、透明なガラス中にヨロイ戸状あるいは格子状に立体的に乳白色ガラスを形成することが可能となるため、照明用として種々の利用法が見出されている。また、この乳白色部分だけが沸酸処理によって溶出除去することもでき、従来、不可能であった複雑な細かな削り取り、切断等の光腐食が可能となる。つぎに実施した製作法の概要を述べてみる。大体、このガラスが感光するのは 3,000~3,500 Å の紫外線だけであるので、この波長を吸収するために  $\text{CeO}_2$  として 0.03% を添加し 1 表のような組成のガラスを溶融した。光源としては、600 W の高圧水銀燈を使用し、35 cm の距離から数分間照射した。この時、ガラスは依然として透明で無色であるが、光の当った部分の Ag はすでに還元され結晶化されている。この像の発達は徐冷温度と軟化温度との間で熱処理することにより完成される。大体、600°C では約 1 時間である。熱処理後、ガラスは徐冷されなければならない。また熱処理時の温度上昇速度があまり早過ぎると、潜像は破壊され発達しない。紫外線は 3,000~3,500 Å のみが感光すると述べたが、この中、3,400 Å 以上の光に当てる場合は、約 2 in 位の深さにまで着色し、3,150 Å より短い光に当てるガラスの表面だけ着色する。色、濃さ、コントラストおよび浸透の深さ等は、それぞれ、別箇に調節することができる。また、写真のネガを透して紫外線を当てることにより写真の像がそのままガラスに焼きつけられるが、ネガの紫外線透過率は 3,200 Å で約 20% であるので、紫外線照射は 10 時間以上を必要とする。

## 6. むすび

以上、最近当社で研究が行われている特殊ガラスの若干について述べたが、今後弱電部門の発展に伴い、特別な要求に基くガラスの需要はますます増大することと予想される。最後に、これらの研究に当って色々とご援助をいただいた各研究室の諸氏に深く感謝する次第である。



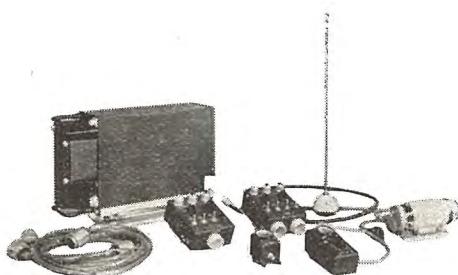
6 図 感光ガラス

Fig. 6. Photosensitive opal glass.

## 小型 VHF 航空無線機 防衛庁コンクールに合格す

一昨年戦後最初の航空機用無線機コンクールに最優秀の成績で合格した当社は、昨年引き続き行われたさらに小型軽量な同種無線機のコンクールにおいても優秀な成績で合格した。（参加は10社）

本機は周波数 118~144 Mc の水晶制御 AM 式送受信機で出力 5 W, 8 箇のチャンネルを自由に切換えて使用できる。



MAR-1 (ARC-27) 機上用小型 VHF 無線機

写真左が送受信機本体（電源部を含む）で右端がコンバータ予備、左へ順次空中線、前方制御器、後方制御器である。手前の小箱は右から調整用計器および空中線電流計である。本機は総重量わずか 13 kg の小型でいかなる小型航空機にも容易に装備可能である。とくに電源コンバータはわが国の最小型軽量のもので電源、電動機、排気扇の三役を行うことができるもので、今後の需要増加が注目されている。

不要で画面は極めて安定している。

### 2. すぐれた音質

当社の誇る高感度で広帯域の FM 検波器に加えて、定評ある P-60 F 型、6 1/2 in フリエッジ型ダイヤトーンスピーカを使用しているので音質は非常に優れている。

### 3. 安全でみ易い保護ガラス

前面のキネスコープ保護用前面ガラスは 6 mm 厚の磨き合せガラスを使用しているので、衝撃を受けて破片の飛散するようなことは全くない。なおガラス板は約 2° 下向きに傾斜させているから天井燈の光の反射が眼に入ることがない。

### 定格

受信方式	インターフェリヤ方式
微調範囲	2~3 Mc
電 源	100 V (110 V, 85 V 切換タップ付) 50~60 c/s
消費電力	185 W
音声出力	無歪 2 W
スピーカ	ダイヤトーン P-60 F 型 6 1/2 in フリエッジ ペーマメント型
アンテナ入力回路	300 Ω 平衡型
映像中間周波数	45.75 Mc
映像レスポンス	3.5 Mc 以上
ホーカス	電磁ホーカス
偏 向	電磁型
走 査	飛越走査 525 本
水平走査周波数	15.75 kc
垂直走査周波数	60 c/s
フレーム周波数	30 c/s
使用真空管	キネスコープを除いて計 23 本（管種省略）
外形寸法	幅 568 mm 高さ 855 mm 奥行 584 mm
重 量	60 kg (パッキングケース共)

## 鮮明で見やすい三菱テレビジョン

### 641 K-17 型

641 K-17 型は 17 in の電磁ホーカス型キネスコープを使用したコンソール型のテレビジョン受像機で、米国 Westinghouse 電機会社、RCA 等先進メーカーの技術を取り入れ長期にわたる研究と実地試験に基いて完成したものである。

使用真空管はキネスコープを除いて 23 本 6 チャンネル切換式である。

### 特 長

#### 1. 自動安定装置付

キー D A. G. C. A. F. C ノイズクリッパ付であるから飛行機等による電界強度の変動、電車、自動車等による雑音、電波による妨害にも同期が乱されることなく、またチャンネル切換による感度差が少ないので再度コントラスト調整の手間が



641 K-17 型テレビジョン

## 優雅な三菱ラジオ FT-30 型

FT-30型はマジックアイ付、7球スーパーで下記のように多くの特長を有する新製品である。

### 1. すぐれた感度と明快な分離

ハイインピーダンス型アンテナコイルと、リツ線を巻いた高感度の中間周波トランジストを用いているので感度と分離は十分ない。

### 2. 優秀な MT 管の採用

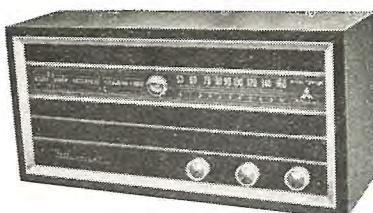
最新型のミニチュア真空管を使用しており、従来のドーム型(ST 管)に比べて小型であるが性能寿命ともに優れている。

### 3. 素晴らしい音色

すでに定評あるダイヤトーンスピーカ P-61型を使用し、高音、中音、低音の3段切換式トーンコントロールを採用している。

#### 性 能

受信周波数帯	535～1605 kc
中間周波数	455 kc
出 力	無歪 1.5 W 最大 2 W
感度階級	極微電界級
電 源	50～60 c/s 100～85 V
消費電力	35 VA
スピーカ	ダイヤトーン P-61型 6 1/2 in バーマネントダイナミックスピーカ
使用真空管	6BE6 周波数変換管 6BD6 中間周波増幅管 6AV6 第2検波、A. V. C 兼低周波増幅管 6AR5 電力増幅管 5MK9 半波整流管 6E5 同調指示管
パイロットランプ	8 V, 0.15 A 2 管
ヒューズ	1 A
寸 法	高さ 255 mm 幅 500 mm 奥行 168 mm
重 量	5.2 kg



FT-30型ラジオ

## 家庭用として万能的な 5 ポンド電気アイロン

一般家庭における仕立や洋裁用アイロンとしては、3～5 ポンドのものが最適といわれているが当社は今春理想的な手ごろで使い易い5ポンドアイロンを製作し市販することになった。

### I-19型電気アイロン

100 V 350 W 架台付、木箱入ハンドルベーク製

#### 特 長

1. 厚地物、薄地物いずれのプレスにも適している。
2. ハンドルは握り易く、バランスが取れており疲れない。
3. 底面は高級クロームメッキを施し、滑らかで布地を痛めない形をしている。
4. 寿命が長く、故障の心配がない。



## 新型発売!! 誰でも手軽に取付けられる

### 家庭用螢光燈照明器具

昨年当社は FK-20型 202型の家庭用螢光燈照明器具を発売して非常に好評を得たが、今年さらにニューデザインの FM型と FK型の豆ランプ付を開発し市販することになった。

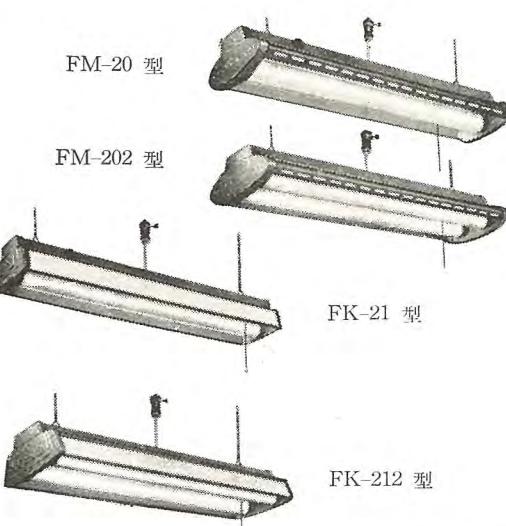
### FM-20型 (20W 1燈), 202型 (20W 2燈)

両側に美しい採光窓を抜いたスマートな意匠で「うぐいす色」塗装は台所和室いずれにもマッチするものである。

### FK-21型 (20W 1燈), 212型 (20W 2燈)

プラスチック板を両側に用いており、すっきりした優雅さは和室にも洋間にも向き豆ランプを追加したことは更に用途を広めたもので、一層好評を得るものと確信している。

なおランプが絶対に落ちないような新型ソケットを使用している、このソケットは目下実用新案出願中である。



新型ソケット



## 高性能の水銀燈・殺菌燈

### 工場生産に移る

今まで研究所において試作的に生産中であった水銀燈・殺菌燈は、無線機製作所内に量産設備が整備され工場量産を開始した。これによって今後増大する需要に対し、品質の揃ったものを、安価に供給できるようになった。

水銀燈は青焼用および照明用で、白熱電燈に比べて、発光能率、寿命共に大であり、螢光燈に比べると一箇で多量の光束を出し得るから、青焼用に高能率であることはもちろん、照明用としても取替に手間のかかる高天井の工場や、広場、街路等の照明に少数で間に合わせるために最も適当している。

殺菌燈は硝子殺菌燈を主として生産する。すでに殺菌燈についてはこの誌上に紹介されたことがあるが中でも当社の硝子殺菌燈の特長は、徹底的なガラスの研究の基礎の上に開発されたものであって、その本質である処の紫外線が豊富なこと（オゾン臭を伴わない最高限度まで出している）、およびガラスのソーラリゼーション（ガラスが紫外線によって変質して、次第に紫外線の透過率が悪くなること）が少く、長時間の使用によっても、紫外線の放射量が減少せず、したがって殺菌効果が低下しないことである。

### 電動工具工場の新発足

近年の精密工業の発達は同時に急速な電動工具の進歩を要求している。この要請にこたえ当社は最近福岡工場に電動工具専用の新工場を建設し「軽量で堅牢」「精密で使い良い」電動工具の生産を行っている。

福岡工場は福岡市の西郊、玄海国定公園の一部にあり、白砂青松の彼方に博多湾に浮ぶ島々が絵のように眺められる天然の静寂境にあり、従来は主として減速電動機、小型巻上機、ペーリーモータ等応用電動機の生産を行ってきたので、歯車についての経験も深く、電動工具製作工場としては最も適した条件を具備している。

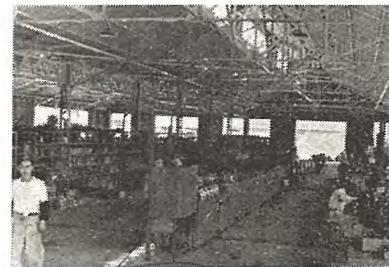
新工場は淡灰色鉄骨スレート張り、1階建2棟で約360坪あり、カラーコンデシヨンを施したもので、とくに採光の点について留意し、採光面積を大きくとってあるので昼間の電燈照明は全く必要がない程である。

作業は材料から荷造りまでを完全な一貫作業とし、最も能率よく進められている。またこの間運搬にはローラコンベヤと一部フォークリフトトラックを利用し、極力ハンドリングの減少に努めている。

この環境、この設備のもとにこれから生産される三菱電動工

具は「品質奉仕」をそのままに堅牢で使い易いものになるであろう。

機械巻線  
工場の一部



組立工場  
の一部分

### 新型 6 分電気ドリル販売開始

#### 回転力は 15% 増加し、温度上昇は半減

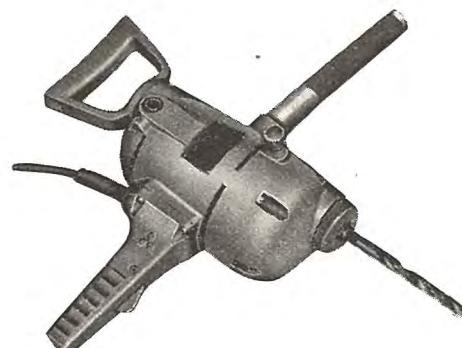
福岡工場に新設した電動工具工場では 6 分 ( $3/4$  in = 20 mm) 専用の電気ドリルを量産し昨年末から販売を開始した。

標準品は 100 V (8A) の交直両用であり、特殊品として 200 V (4A) の交直両用のものがある。いずれも無負荷回転数は 420 回転でつぎのような特長をもっている。

1. 新型は約 10% 軽くなり約 11.8 kg である。
2. 新設計により特性を飛躍的に向上させ得た。すなわち回転力は従来の 1.5 割増し、温度上昇は逆に半減した。
3. 回転数を 375 から 420 回転に上げ、作業能率を高めた。
4. 軸受部には全部ボールベアリングを使用した。
5. スイッチを安全円滑な往復運動式引金スイッチとした。
6. 転位歯車を採用し騒音を少くし得た。



新工場全景



6 分 ( $3/4$  in) 電気ドリル

## 用途の広いタイムスイッチ (TS-2)

TS-2型タイムスイッチは単独あるいは電磁開閉器と組合せて電気炉、広告燈、街路燈、ポンプ、電動機、排気扇、エヤーコンディション装置などの所定時間内の通電、点燈を自動的に行うことができる。商業、工業、農業、あるいは家庭等各方面に広く利用できる。たとえば電気炉、冷房、空気調整装置に対し所定時間に自動的にスイッチを入れる場合に利用するとか、ネオンサイン、陳列窓の照明、街路燈などを日没時に自動点燈させ夜半すぎ広告効果、照明効果が少なくなった時自動的に消燈させること等によって電気料金および人件費を節減することができる。

### 仕様

- (1) 24時間目盛電気巻ゼンマイ時計型
- (2) 開閉器回路定格 交流 250V 5A  
ゼンマイ巻込電動機回路定格 交流 100~110V または 200~220V 50c/s または 60c/s

- (3) 目盛板につけ得るピンの数 ON, OFF 各 2組

- (4) 最小調整時間々隔 40分

- (5) 外形寸法 142×150×130 mm

### 特長

- (1) 小型軽量で作動確実

時計部分、ゼンマイ巻込部分、開閉器など各部品の歯形、寸法、材質を充分吟味しているので全体がきわめて小型にもかかわらず確実に作動する。

- (2) 停電時にも作動し、周波数の変化に影響されない。

電気巻、テンプ式ゼンマイ時計機構であるため周波数の変化の影響が全くなく、また停電時にも動作を続ける。

- (3) 調整時間々隔が短かい

最小調整可能の時間々隔を40分にしてあるので応用面が広くなった。

- (4) 耐衝撃振動性が大きい

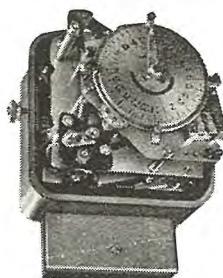
テンプ式ゼンマイ時計機構でありしかも、この機構とケースとの間に緩衝装置を設け衝撃振動による狂いがない。

### (5) 取扱が簡便

200V, 220V, 100V, 110V の電圧切換を設け、目盛板調整ピン以外はすべて指で容易に締付できるようにしました電気巻なので定期的にゼンマイを巻く必要がない。

### (6) 所要電力の僅少

ゼンマイ巻用小型同期電動機の入力は極めて僅少である。



内部写真



TS-2型タイムスイッチ

## 300度の熱に耐える 新しい絶縁材料生産

当社世田谷工場ではシリコーンラバーおよびポリエステルを応用した新しい絶縁材料の研究を進めていたが、第1陣としてシリコーンラバーを応用したシラステックテープの市販を始めることになった。

シラステックテープはシリコーンラバーとガラスをもって構成されたH級絶縁材料で約300°(摂氏)の熱に耐え得るもので、高級絶縁には卓越した効果がある。

### 特長

1. ワニスクロスに比べ強靭で絶縁性に優れ機器加工が簡単になる。
2. 複雑な加工にも適し緻密な絶縁組織が作り得る。
3. 耐熱性、耐寒性パッキン材として他に比類がない。

### 用途

電線被覆用ラバー、ラバークロス用ラバー、粘着性ラバークロス、パッキン用ラバー、

新型を  
いよいよ販売

# 三菱電気洗濯機



「奥様はいつも美  
しく」で売り出  
した MW-11 型電気  
洗濯機の姉妹品  
として、1月から  
MW-15 型（中型  
攪拌式）電気洗濯  
機が市場におめみえした。



MW-15 型は MW-11 型に比しやや  
小型であるが洗濯能力は大差なく、価格  
は極めて低廉、設置スペースも少くてす  
むよう工夫された普及型である。

仕様は下記のとおり。

モートル	100 W コンデンサ
起動モートル	
洗濯容量	1.8 kg (480 回)
高さ	706 mm
直徑	464 mm
重さ	32 kg
価格	26,000 円

昭和 30 年 2 月 23 日 印刷

昭和 30 年 2 月 28 日発行

「禁無断転載」 定価 1 部 金 60 円 (送料別)

## 雑誌「三菱電機」編集委員会

委員長 大久保 謙

副委員長 船橋 正信

委員 浅井徳次郎 荒井 濩 石橋 英樹 市吉 惠浩  
伊東 祐義 薄井 廉介 大久保夙郎 岡屋 精二  
菅野 正雄 木村 武雄 小林治一郎 小堀富次雄  
進藤 貞和 田宮 利彦 津村 隆 成富 公一  
中野 光雄 每熊 秀雄 松田 新市 松尾 又一  
松尾米太郎 宗村 平 横須賀正寿

幹事 市村 宗明 前田 幸夫 (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 市 村 宗 明  
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 搭替東京 20018