

最近の電鉄用回轉變流機制御装置に就いて

池田正一郎* 大音透**

The Recent Controlling Device for Rotary Converters

By Shoichirō Ikeda and Tōru Ōoto

Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

It is noted that most rotary converters in operation for supplying the electric railways in Japan are superannuated and it has come to be a major problem of the industry, economically as well as in the interest of operational safety, that those decrepit machines should be rebuilt or innovated. In substations of recent construction it is a usual practice to employ mercury rectifiers. But in those substations which had been built in the former days are generally equipped with the rotary converter and for such substations the extension of existing rotary converters is considered to be more preferable a policy in view of the simplification of equipments and the convenience of maintenance.

Hitachi, Ltd., recently remodeled several rotary converters which have been in service at the Higashi-nakano and the Taura Substations of the National Railways and manufactured new ones for the Minakami and the Ashiya Substations.

These rotary converters have employed controllers having many new features compared with the conventional ones, which are summarized below:

- (1) Reactor starting method is adopted.
- (2) Automatic polarity establishing is done by self-excitation.
- (3) Starting board is made in cubicle type.
- (4) Colour dynamics are applied.

Side by side with the above considerations, by means of a superior protective device, the simplification and security of operation and maintenance and a higher reliability are secured.

〔I〕 緒 言

現在電鉄用変流設備としては回轉變流機と水銀整流器がその主力である。最近の新設変電所には専ら水銀整流器が採用されているが、回轉變流機も長年月の経験と、安定した技術的基盤の上に捨て難い長所を有している。現在回轉變流機で問題になつている点は老朽化した古い設備の改修と、回轉變流機の設置されている変電所の増設を如何にするかが問題である。

前者に対しては昭和25年電化協会主催の下に、回轉變流機老朽対策委員会を結成し、改修方針が決定された⁽¹⁾。

* ** 日立製作所日立国分分工場

日立製作所に於てはこの一環として国有鉄道、東中野、田浦両変電所の改修を実施し既に両者とも運転に入つている。

後者に対しては同じく国有鉄道として、運転保守の一貫性、設備の簡単、更に回轉變流機自体の長所等を勘案された結果、水上、芦屋両変電所に回轉變流機各1組の増設を決定された。このことは増設に対する最も正常妥当な方針を明確にされたものと考えられる。

両変電所用とも日立製作所に於て鋭意製作中であつたが、水上変電所用は既に現地据付を終り、運転に入つたところである。尙制御装置としては改修並びに増設何れも同一方針で設計されたものであるが、従来方式に比

し運転の簡単化と保守の安全に対し、幾多の新しい試みが採用されている。

本稿に於ては水上変電所の増設機に就いてその大要を紹介すると共に、東中野変電所の改修機に就いても説明したいと思う。

〔II〕 従来の制御方式に比し改良された諸点

制御方式に於て改良された点は数多くあるが、主要なるものを列挙すれば次の通りである。尙具体的設計に当つては日立製作所独自の構想が、数多く盛られている。

(第9図第33頁参照)

(1) 従来回轉變流機の起動は殆ど変圧器に起動タップを設け、40%程度の電圧で起動する方式であつた。従つてタップ切換のために電磁接触器、又は油入切換開閉器等が使用されていた。

今回採用されたものは起動用直列リアクターによる全電圧起動に改められ、起動操作が終了し正規直流電圧が発生すれば、リアクターは短絡されるようになっている。

短絡用開閉器として、電動圧油操作式三極刃型開閉器を使用した。この刃型開閉器はリアクターの短絡のみで、電流の遮断は行わない。実際運転の結果から見て殆ど無火花で投入されているが、接触部には主接触の他にアーキングコンタクトを設け取換え得るようにして万全を期している。又電動圧油操作とすることによつて開閉操作の衝撃を緩和し、操作を円滑にすることが出来た。

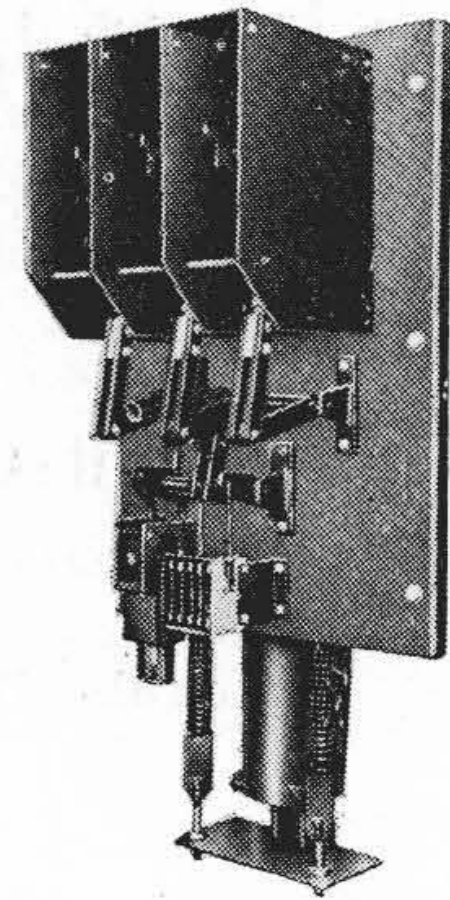
第1図はこの刃型開閉器を示す。これによつて起動装置を簡素化し、運転保守を容易にした。

(2) 極性確立の方式として従来は強制励磁用電動発電機を使用するのが普通であつたが、今回は自励方式を採用した。従来とも手動の場合は直流電圧計を見ながら界磁開閉器を切換えて極性の確立を行つているが、これを自動的に行わせる方式としたものである(第9図参照)。

即ち起動と同時に低圧側機の直流側を界磁接触器により自己の界磁線輪に接続し自励する。速度上昇し同期化した場合極性が正負何れか不定であるから、極性継電器によつて極性を検出し、正の場合は高圧機を低圧機側より強制励磁し同期化させ運転に入る。

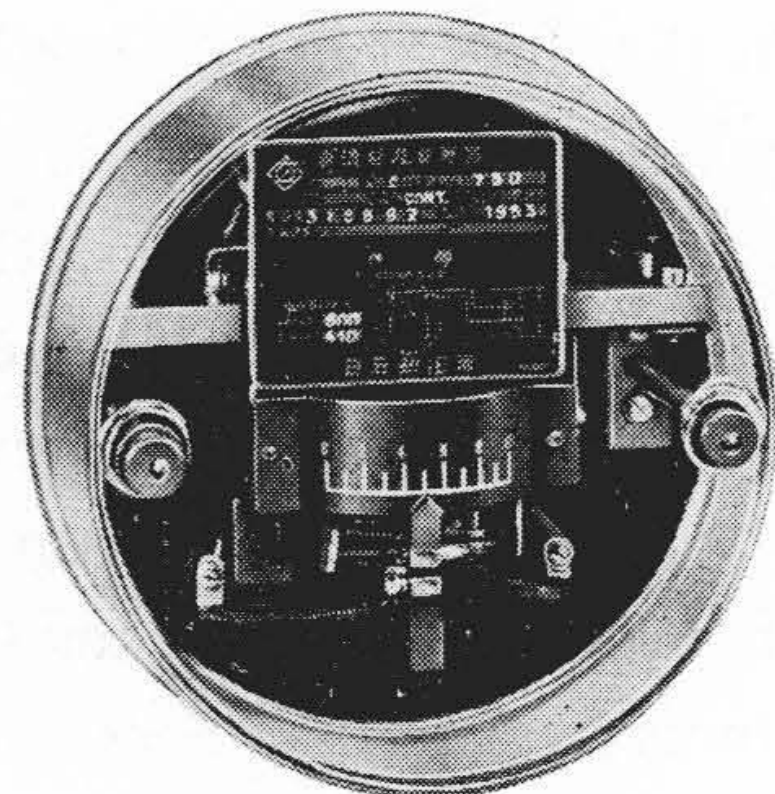
負の場合は界磁接触器を切換えて、低圧機界磁線輪を逆励磁する。直流電圧が次第に低下し零近くなれば、再び界磁接触器を正常に戻す。極性が再び負に出た場合はこの操作を反復するが、実際運転の結果殆ど1回の切換操作で極性の確立に成功している。

切換の時機の選定は直流限時継電器を使用した。切換用限時継電器の整定限時は主機の固有特性によつて若干の相異はあるが、8~10 sec位で確実に極性を転換することが可能であつた。



第1図 電動圧油操作式刃型開閉器
型3KB 式EA 1,500V, 1,000A

Fig. 1. Oil Pressure Operated Knife Switch
Type 3KB Form EA 1,500V 1,000A



第2図 直流極性継電器
型DPN 式C

Fig. 2. D.C. Polarity Relay
Type DPN Form C

高圧機、低圧機正励磁用界磁接触器は電磁投入、機械的保持、引外線輪付のものとし、且つ切換に使用する正逆励磁用界磁接触器は相互に機械的鎖錠を施して動作の確実を期している。

極性転換を急速に行うため、極性確立のための起動時の励磁は同期牽入に必要な程度の低励磁とするため直列抵抗を挿入し、逆励磁のときは界磁極性を急速に転換せしめるため抵抗器を入れないよう考慮した。この直列抵抗器は起動が完了すれば、短絡除外されるようになっている。

第2図は直流極性継電器を示す。

(3) 刷子の揚下装置は従来殆ど交流三相電動機操作のものであつた。水上、芦屋は既設と同様交流操作としたが、東中野、田浦は国鉄当局の御要望により直流100Vの電動操作とした。

刷子は起動前に揚げておかねばならぬが、従来の方式では変流機用変圧器一次側の交流遮断器を先づ投入して

次に二次側の開閉器で起動するため、操作用電源変圧器を変圧器低圧側に接続することが可能であった。

然るにリアクター起動の場合は交流遮断器の投入はたゞちに起動となるため、操作電源用変圧器は交流遮断器の前に入れる必要が生じて来る。例えば 66 kV 直落しの場合は 66 kV の操作電源用変圧器を新設せねばならぬことになる。従つてこれに要する設備費を省略するために、刷子揚下装置を直流操作に改めたものである。

(4) 閃絡接地保護継電方式は水上、芦屋両変電所とも、電流制限用直列抵抗器を挿入する方式に改められた。この方式は異常電圧対策委員会の推奨案によるものである⁽²⁾。改修の場合も同様であるが、回転変流機自体はペDESTAL、ヨークともに基礎台より絶縁し、ペDESTALは 10 Ω の直列抵抗と閃絡接地継電器を経て接地する方式とした。接地電流は最大 150 A 程度に押えられ、閃絡時に機器に与える損傷を軽減せしめるとともに、継電器自体及びその配線を焼損することのないようにしたものである。従つて継電器感度も従来に比し遙かに鋭敏とすることが出来た。

(5) 従来回転変流機の自動起動には電動操作の順序制御器を使用する方式が数多く採用されていたが、リアクター起動方式は起動操作も簡単になつたので順序制御器による制御方式は採用せず、電氣的又は機械的連動を十分に行い運転保守の簡易な信頼度の高い 1 人制御方式とした。

(6) 以上の他に起動制御用配電盤をキュービクル型にするなど抜本的な構造の改良、色彩調節の採用、保護連動並びに表示方式の改良、直流 1,500 V 回路の配線及び継電器等の耐圧を従来の 4,000 V 1 min を 5,500 V 1 min に改めたこと等従来のものに比しその信頼性、取扱い、保守、体裁に向上を計つている。

〔III〕 水上変電所設備概要

本変電所の電気設備は昭和 5 年日立製作所の納入したもので、今回 3 号回転変流機が増設されたものである。

その主要設備の概要は次の通りである。

- 受電線..... 66 kV 三相 3 線式 2 回線
- 回転変流機... 直流 1,500 V 2,000 kW 3 台
- 回転変流機用変圧器..... 66 kV/563 V
△-※ 2,100 kVA 50[〜] 3 台
- 饋電線..... 直流 1,500 V 2 回線

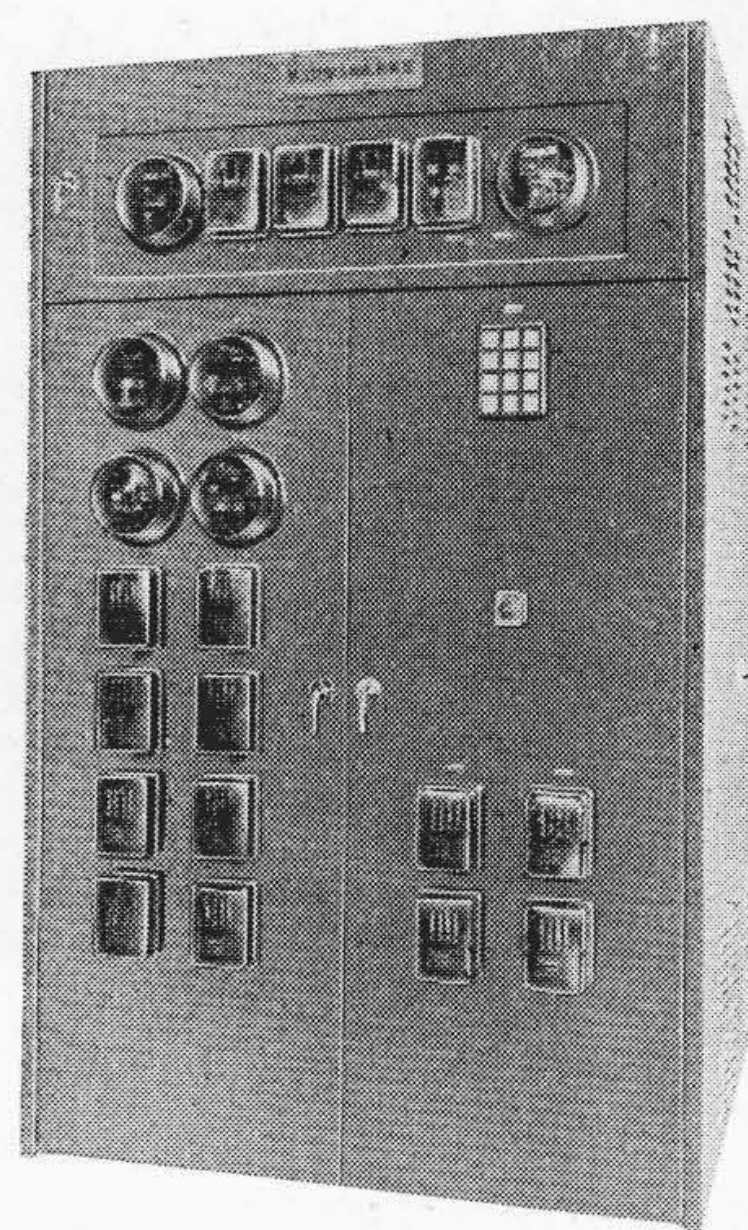
〔IV〕 配電盤

配電盤は回転変流機の起動制御盤と運転監視盤から成つている。水上変電所には既設分をも含めた故障表示盤を設置した。尙低圧制御回路は色別された塩化ビニル線

を使用し、直流 1,500 V 回路は耐燃性高圧用ゴム線を絶縁板上に配線し絶縁を強化した。従来直流 1,500 V 回路の耐圧試験は交流 4,000 V 1 min であつたが、今回交流 5,500 V 1 min に強化した。

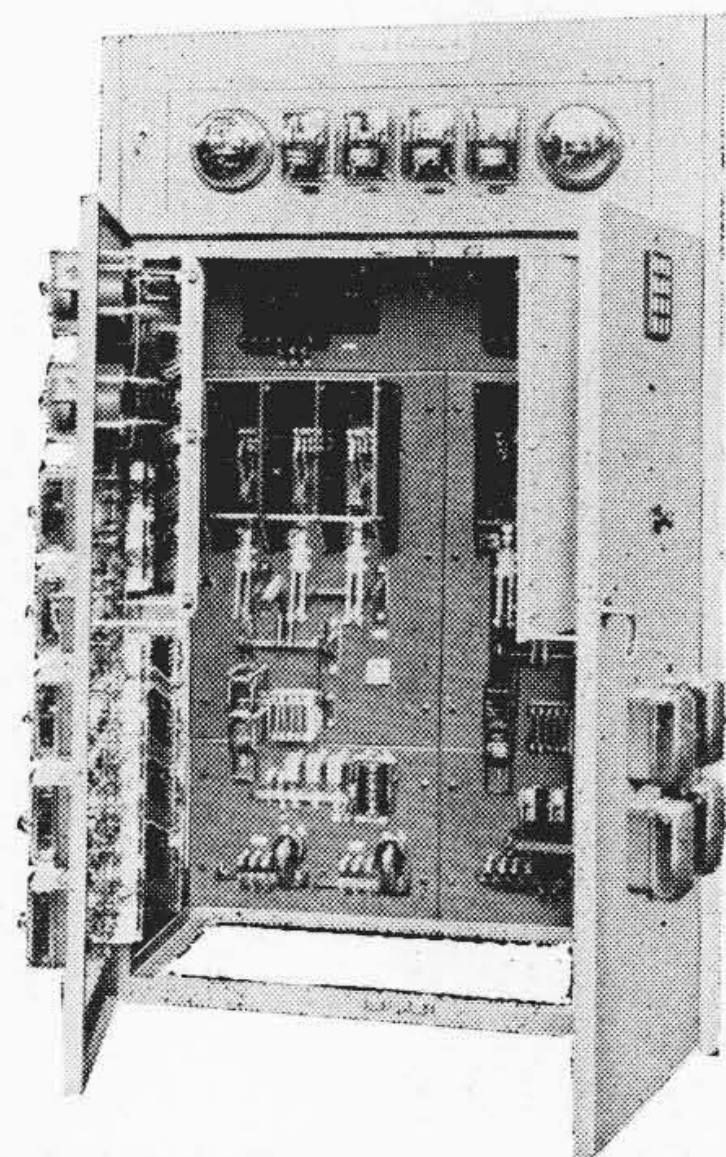
(1) 起動制御盤

水上及び芦屋両変電所の起動制御盤は第 3 図の如くキュービクル型の構造とし、周囲はすべて開閉扉として点検に便ならしめ、正面には継電器類とランプ式運転順序表示器を取付けてある。この表示器は変流機盤にも設けてあるが、回転変流機の起動又は運転状態が一目で監視出来るものである。尙起動装置盤からも停止操作が行い得るようにしてある。正面扉を開くと第 4 図の如く内部



第 3 図 回転変流機起動キュービクル (水上、芦屋変電所納)

Fig. 3. Starting Cubicle of Rotary Converter for Minakami and Ashiya Substations

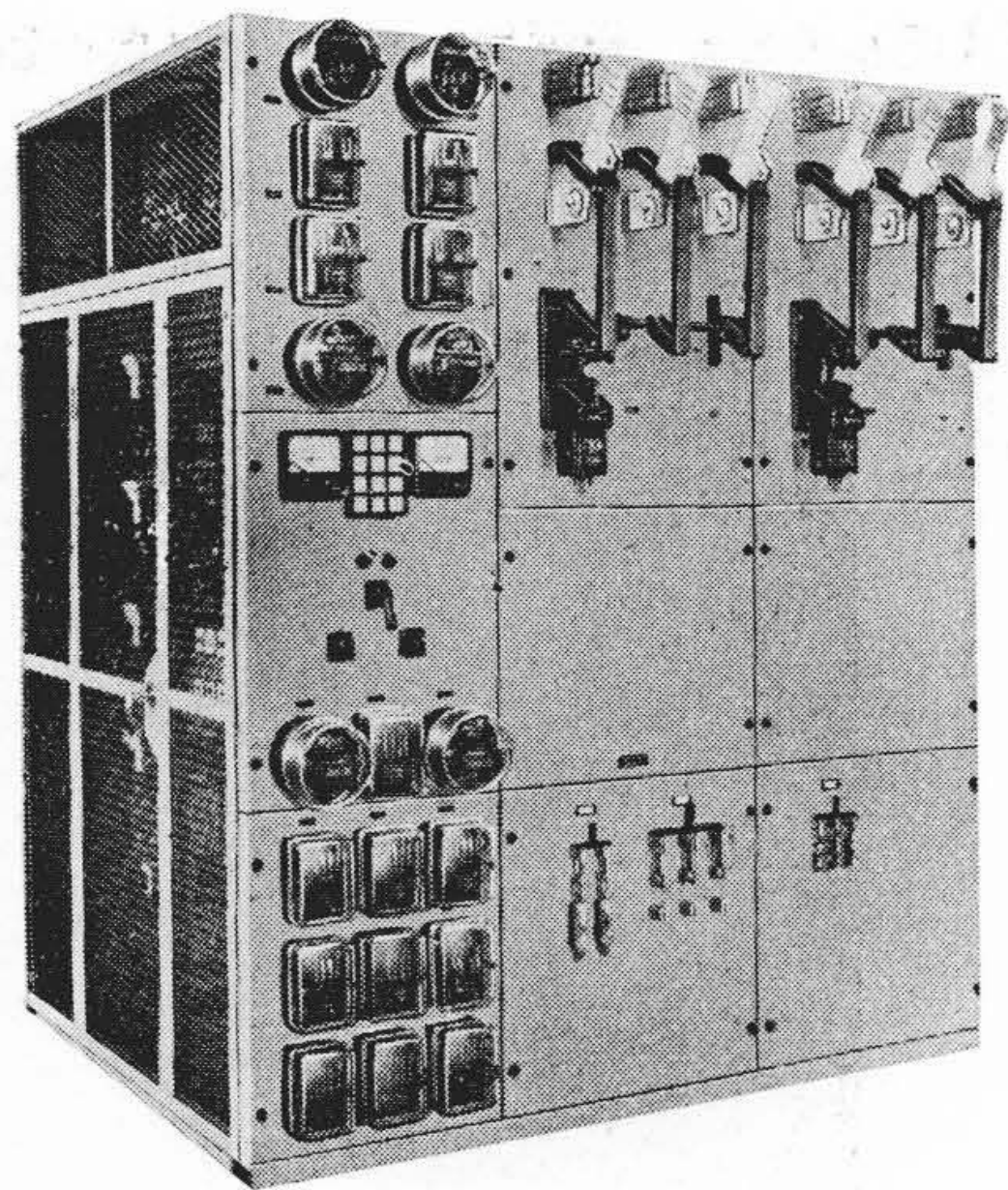


第 4 図 回転変流機起動キュービクル (正面扉を開いたところを示す)

Fig. 4. Starting Cubicle of Rotary Converter (showing the front doors are opened)

リアクター短絡用刃型開閉器を取付けてある。万全を期するために耐弧性隔壁で周囲を十分に保護する設計とした。上部には界磁接触器、抵抗器類を取付け、裏面は主回路導体を点検の邪魔にならぬよう配列し木製クリートで支えるようになっていた。キュービクルにすることによつて内部的には設計、製作とも一段の注意が払われると同時に、所謂デッドフロントとし据付、運搬の容易、防塵、床面積の縮小、安全、体裁等格段の向上を計り得たものである。

東中野、田浦両変電所には第5図の如き自立閉鎖型の



第5図 回転変流機起動盤
(田浦, 東中野変電所納)

Fig. 5. Starting Panel of Rotary Converter for Taura and Higashi-nakano Substations

大理石盤3面からなる起動制御盤を納入した。周囲及び天井は金網で蔽い側面は金網扉とし、界磁接触器及び抵抗器は裏面取付けとした。大体の構造は普通型配電盤であるが、据付、運搬に便なるよう3面全部一体として取扱い得るようになってある。尚この起動制御盤からも起動停止並びに運転の監視が出来るようにしてある。又将来防音とするため回転変流機を全閉型とした場合、この起動状況を外部から確認し得るよう特に回転計を取付けてある。

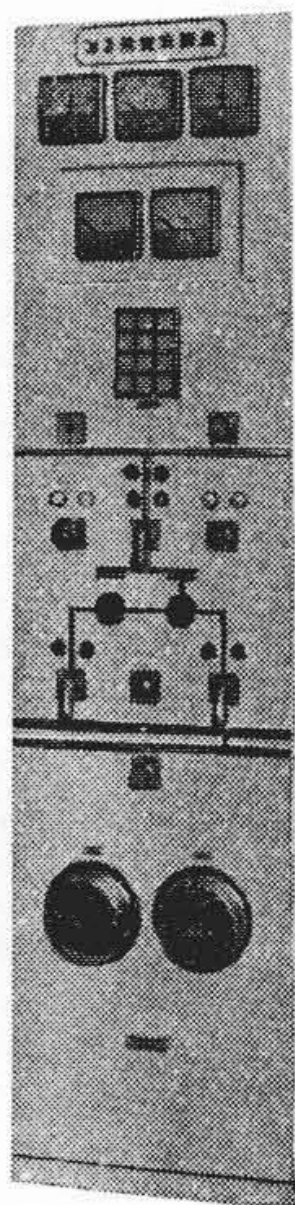
(2) 回転変流機盤

回転変流機盤は開放壁支持型直立鋼板盤で第6図は水上変電所に納入のものを示す。継電器は半埋込型とし、又ランプ式運転順序表示器を設けて起動の進行状況、運転状態を一目で監視し得るようになってある。表示内容は第7図に示す通り「刷子揚」「刷子降」「準備完了」「L励磁」「L逆励磁」「H励磁」「42H, L」「運転」の文字が浮出すようになってある。第8図は水上変電所納入の故障表示盤を示す。これには既設分も含めて故障表示を行つた。

[V] 色彩調節の採用

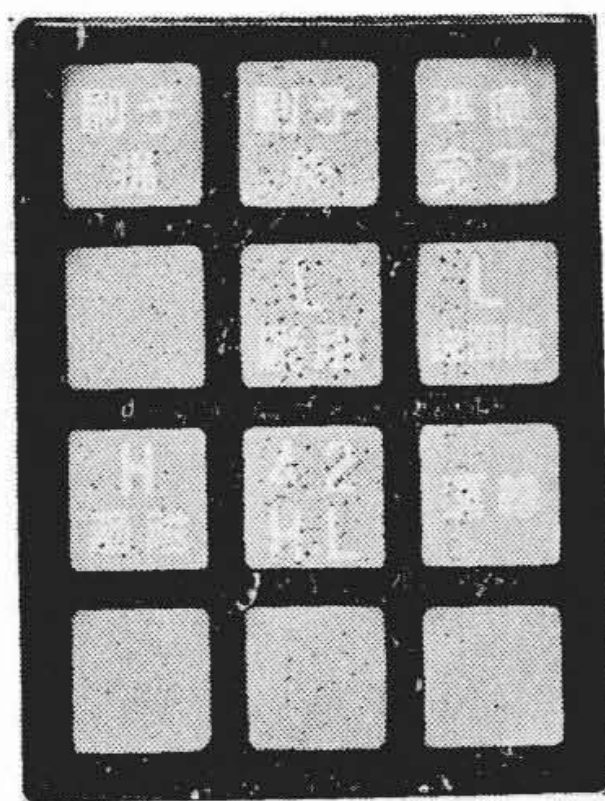
国有鉄道が先鞭をつけられた発、変電所の建屋及び機器の色彩調節は急速に普及の機運にあるが、今回納入の水上及び芦屋両変電所の配電盤にも全面的に採用された。これは電化協会主催の色彩調節委員会の決定を基準として設計されている⁽³⁾。

配電盤の彩色は次の如くになっている。



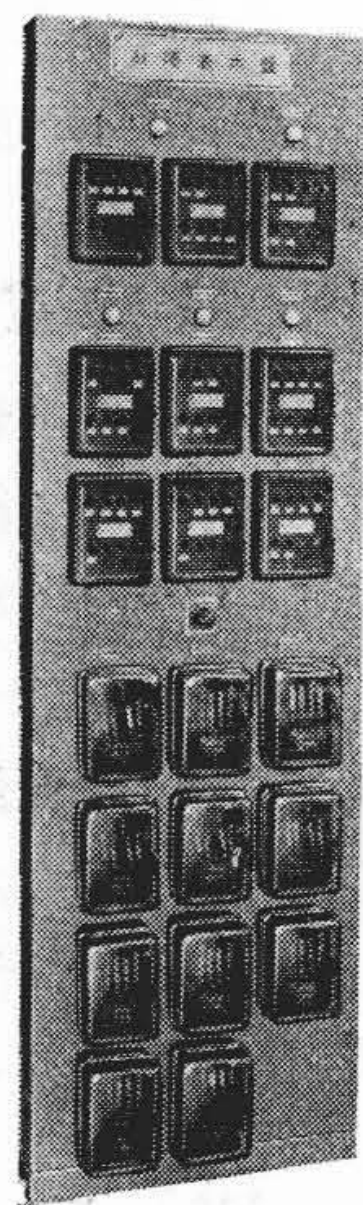
第6図 回転変流機盤
(水上変電所納)

Fig. 6. Rotary Converter Panel for Minakami Substation



第7図 ランプ式運転順序表示器

Fig. 7. Lamp Type Sequence Indicator



第8図 故障表示盤
(水上変電所納)

Fig. 8. Group Annunciator Panel

配電盤面.....7.5 BG 6/1.5 淡灰色
 計器, 継電器枠.....7.5 BG 4/1.5 青灰色
 操作開閉器用把手.....2.5 YR 4/5 茶色
 銘板.....銀梨地に黒文字
 盤裏面.....N 9/0 白色
 キュービクル扉の内面は開放した時に注意を喚起するためにその一部に, 又直流 1,500 V 回路用の計器及び継電器にもその一部に, それぞれ 1 YR 5.5/1.3 オレンジ色の警戒色を彩色した。

屋内機器の彩色は次のようになっている。

回轉變流機本体.....7.5 BG 6/1.5 淡灰色
 交流遮断器.....N 7/0 灰色
 高速度遮断器本体.....7.5 BG 6/1.5 淡灰色
 高速度遮断器保護覆.....7.5 BG 6/1.5 淡灰色

但し上部に 1 YR 5.5/1.3 オレンジ色を施す。

全体として落ち着いた中間色が基調となり, 保守者に疲労を感じしめず, 正確な判断に資することが主眼である。盤裏面の白色塗装は裏面配線被覆の色別と相俟つて, 配線の点検を容易にしている。

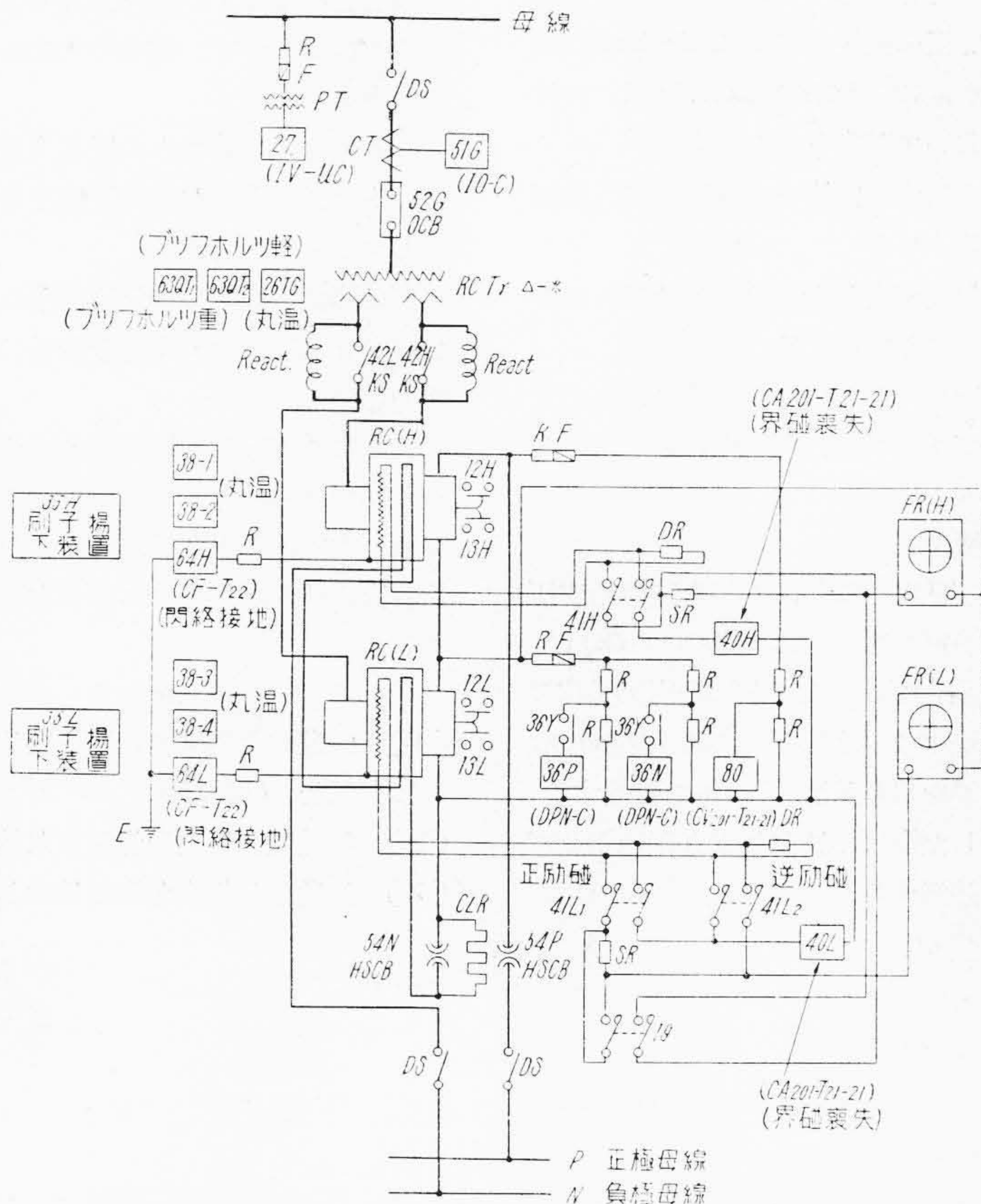
[VI] 制御方式

回轉變流機の起動操作は 1 人制御とし, 引鉤開閉器により刷子を離揚せしめ, 次に操作開閉器により交流遮断器を投入すれば起動完了まで定められた順序で自動起動する。その動作状態はランプ式運転順序表示器により順次確認されながら進行するから, 操作の便利と安全感は更に増大した。

(1) 回轉變流機の起動順序

回轉變流機は次の順序により起動される。第 9 図は操作説明接続図である。

- (A) 回轉變流機停止状態に於ては刷子は降下したままであるから, 起動に先立ち刷子を離揚せしめる。
- (B) 刷子の離揚を確認して交流遮断器 52G を投入する。回轉變流機はリアクターを通して全電圧で起動する。
- (C) 交流遮断器 52G 投入と同時に, 低圧機の界磁接触器 41L₁ が閉路する。
- (D) 回轉變流機が同期速度に達すれば, 直流極性継



第 9 図 操作説明図 Fig.9. Schematic Diagram of Automatic Control

電器 36 P, 36 N を生かし極性を検出する。同期速度の検出は遠心力開閉器と限時継電器を併用して確実を期している。

- (E) 極性が逆の時には 36N が動作し、界磁接触器 41L₁ を開路して 41L₂ を閉路し、低圧機を逆励磁する。
- (F) 逆極性直流電圧が次第に低下して零近くなる時機を選んで界磁接触器 41L₂ を開路して、再び 41L₁ を投入して正励磁に復す。この時尙極性が逆であれば再び界磁接触器を切換えて低圧機を逆励磁するが、正励磁に復する時機を適当に選ぶことにより、実際運転に於ては 1 回の切換で確立されている。
- (G) 極性が確立すれば 36P が動作し、界磁接触器 41H を閉路して、高圧機を低圧機側より強制励磁する。
- (H) 高圧機が励磁されると運転用接触器 19 を閉路し、界磁直列抵抗器を短絡し正常の励磁を与える。
- (I) 正規の直流電圧が発生すれば直流電圧継電器 80 が動作し、運転用刃型開閉器 42H, 42L を閉路してリアクターを短絡する。この場合高圧機が既に残留磁気のため逆電圧を発生していることがある。強制励磁によりこれを正に引戻すまでに 2~3 sec の時間を必要とするが、このために 42H, 42L の投入は若干の時延をおいて確実を期している。
- (J) リアクターを短絡すれば刷子を降下して、回轉變流機は運転に入る。
- (K) 正極及び負極用高速度遮断器 54P, 54N の投入は、操作開閉器により手動で行う。

以上の操作が正規の進行をしなければ、次に進めぬよう互に鎖錠回路を設けてあるから、誤操作のおそれは全くない。

(2) 保護装置

交流側過電流(51)及び低電圧(27)、回轉變流機用変圧器の故障(ブッフホルツ継電器重故障の動作)(63QT)、閃絡接地(64)、起動渋滞(48)、回轉變流機過速度(12)、界磁電流喪失(40)、運転中の刃型開閉器の誤開路等の故障に対しては交流遮断器を自動遮断し、ベルで警報する。交流遮断器が自動遮断した時は、連動により正極用及び負極用高速度遮断器を遮断する。

軸受温度上昇、回轉變流機用変圧器の故障(ブッフホルツ継電器軽故障の動作)変圧器油温上昇、正極用及び負極用高速度遮断器の自動遮断等の故障に対してはブザーで警報する。

以上の故障に対し、水上変電所には既設も含めた故障表示盤を設けて、受電回路、各変流機回路、饋電及び所内回路の各群に分割配置された集合表示器にその故障の種類を表示するとともに、各群別に白色表示灯を点じて、故障箇所の発見に便ならしめている。

軽故障表示(交流遮断器を自動遮断せず、単に故障を表示しブザーで警報するもの)には GBR 8 型集合表示器を使用した。この集合表示器は二重表示式で故障を第 1 ターゲットに表示するとともにブザーで警報し、ブザー停止後は第 2 ターゲットが故障の継続を表示し、回復とともに自動復帰する。

田浦、東中野両変電所には故障表示盤を設けず変流機盤の集合表示器に表示するが、その内容は水上変電所の場合と殆ど同様である。

〔VII〕 結 言

以上述べた如く、操作方式の改良とこれに伴う起動装置の改良によつて、従来の方式に比し面目を一新することが出来た。

一刻の停電も許されぬ電鉄用電源の簡易、確実な運転と、安全、便利な保守に貢献出来たことは我々の最も喜びとするところである。

制御関係は回轉變流機変電所に限らず近時急速に改善されつゝあり、我々も需要家各位の御要望に応えるべく努力を続けている。

終りに制御装置の設計製作に当り、方針の御指示を戴くと同時に終始御指導、御助力を賜つた国有鉄道本庁、東京、大阪、新潟各管理局及び東中野、田浦、水上、芦屋各変電所の関係各位に深甚な謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 鉄道電化協会老朽回轉變流機改修方策研究委員会報告 (昭 25)
- (2) 鉄道電化協会異常電圧対策委員会報告 (昭 27)
- (3) 鉄道電化協会色彩調節委員会報告 (昭 27)