

東京電力株式会社

常盤台ユニットサブステーション

丹 秀太郎* 池田正一郎**

Tokiwadai Unit-Substation of Tokyo Electric Power Co., Ltd.

By Hidetaro Tan and Shoichirō Ikeda

Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The development of unit substation is remarkable especially of late and its scope is now extending over the whole range of ratings from small capacity simple stations to large capacity regular stations. This trend eloquently endorses the excellent merits of the unit-substation system.

Hitachi, Ltd. has gone a step ahead of other domestic makers in developing the equipment for this new substation system as well as in improving then keeping abreast of the present state of the supervisory system for the substation of Japan, conditions of power generation and distribution system. Such engineering effort of Hitachi has been sub-stantiated recently into a new simplified alternating current control system unit substation equipment, which was designed and built to the order of Tokyo Electric Co. for the service at its Tokiwadai Substation. It features first of all the elimination of batteries and the simplification of maintenance. Also, it employs low oil content "contrarc" circuit breakers at it receiving side and the main transformer has been made in hermetically sealed full-assembled transportable type for the convenience of installation and maintenance. Secondary gears are made in cubicle type and the circuit breakers, house transformer, potential transformer, etc. are built in draw-out type in view of its ease of inspection. Due consideration has been given for counteracting the fire hazard by designing circuit breakers in oil-less magnetic type and the use of non-inflammable insulating oil for transformers.

〔I〕 緒 言

この二、三年間におけるユニットサブステーション (Unit-Substation 以下 U.S.S. と略称する) の普及、発達は小容量簡易変電所より本格的大容量変電所にわたつて顕著な実績を示している。これは U.S.S. 様式の利点、すなわち

- (i) 建家の省略
- (ii) 変電所敷地の節約
- (iii) 建設期間の短縮
- (iv) 保守人員の省略
- (v) 増設、移設の容易さ
- (vi) 機器の互換性
- (vii) 変電所の安全と美化

などが実証された結果と見てよいであろう。

日立製作所では U.S.S. の開発以来たえず納入先の批判と助言をえて、我国における変電所管理様式、電力事情、配電様式などの実情に副つた U.S.S. 用機器の改良と新製品の開発とに努めて来た。そのため特高受電側遮断器その他の一次側開閉装置ならびに主変圧器より二次側開閉装置、補助設備にいたるまで総合技術的考慮を払い無人を立前とする U.S.S. 向けとして、信頼度の高いものが用意されている。二次側開閉装置には油入遮断器を使用したものと、磁気遮断器を使用した油なしの二標準型を準備し、さらにその制御方式も蓄電池による直流式と蓄電池なしの交流式の両様を置き、変電所の容量、重要度、立地条件などの見地より最適とされる型の選択に応じられるようにしている。

最近その機器いつさいを納入した東京電力株式会社常

* ** 日立製作所日立国分分工場

盤台変電所は蓄電池なし交流制御式の U.S.S. であつて、操作の安全、確實、保守の簡易につき幾多の新考案が採用され、全交流操作の代表的なものである。以下本 U.S.S. についてその概要を述べることにする。

〔III〕 受電側機器

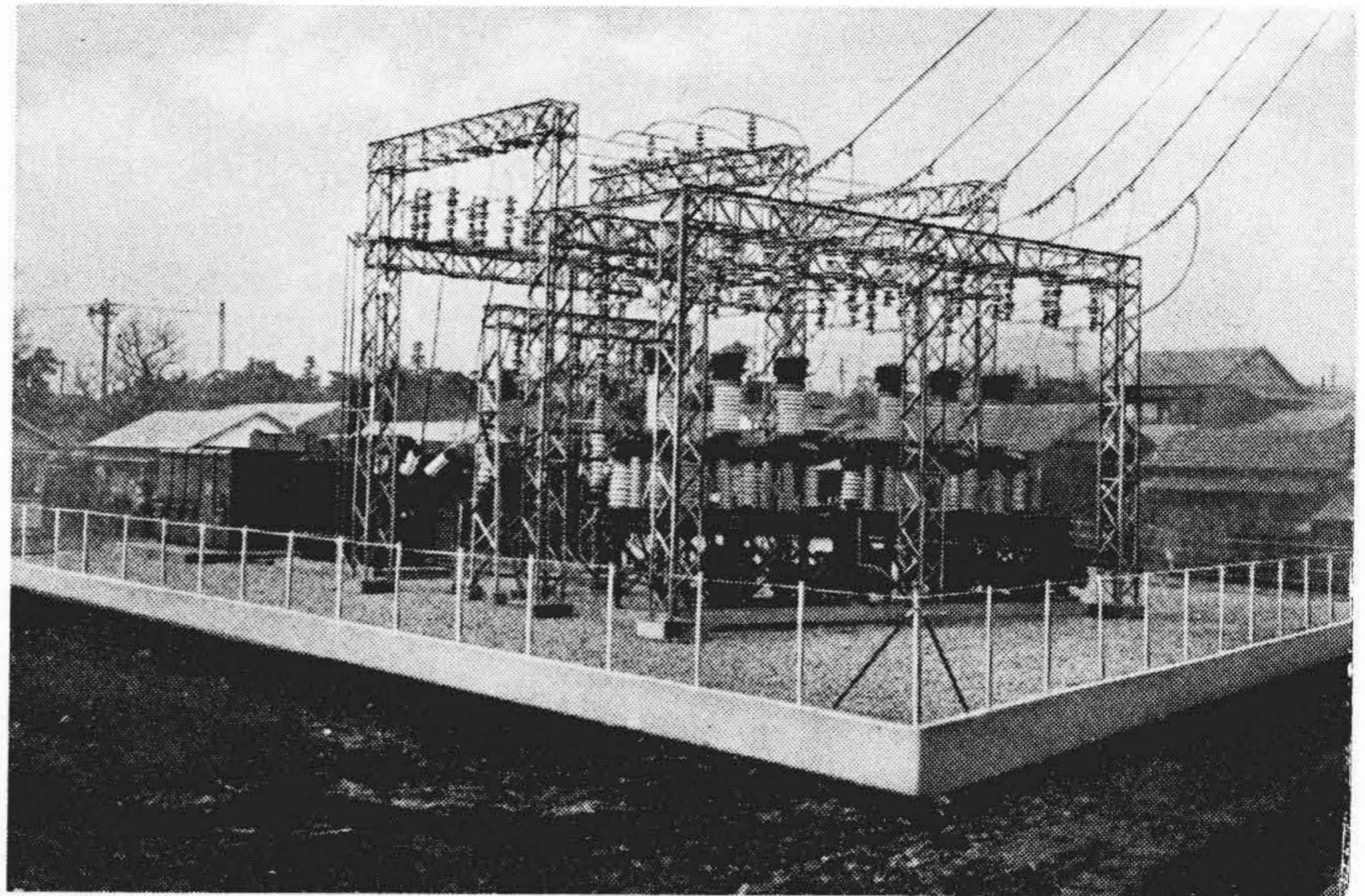
66,000 V 受電側機器中の主要機器として特長のある遮断器と変圧器につきその概要を述べる。

〔II〕 変電所概要

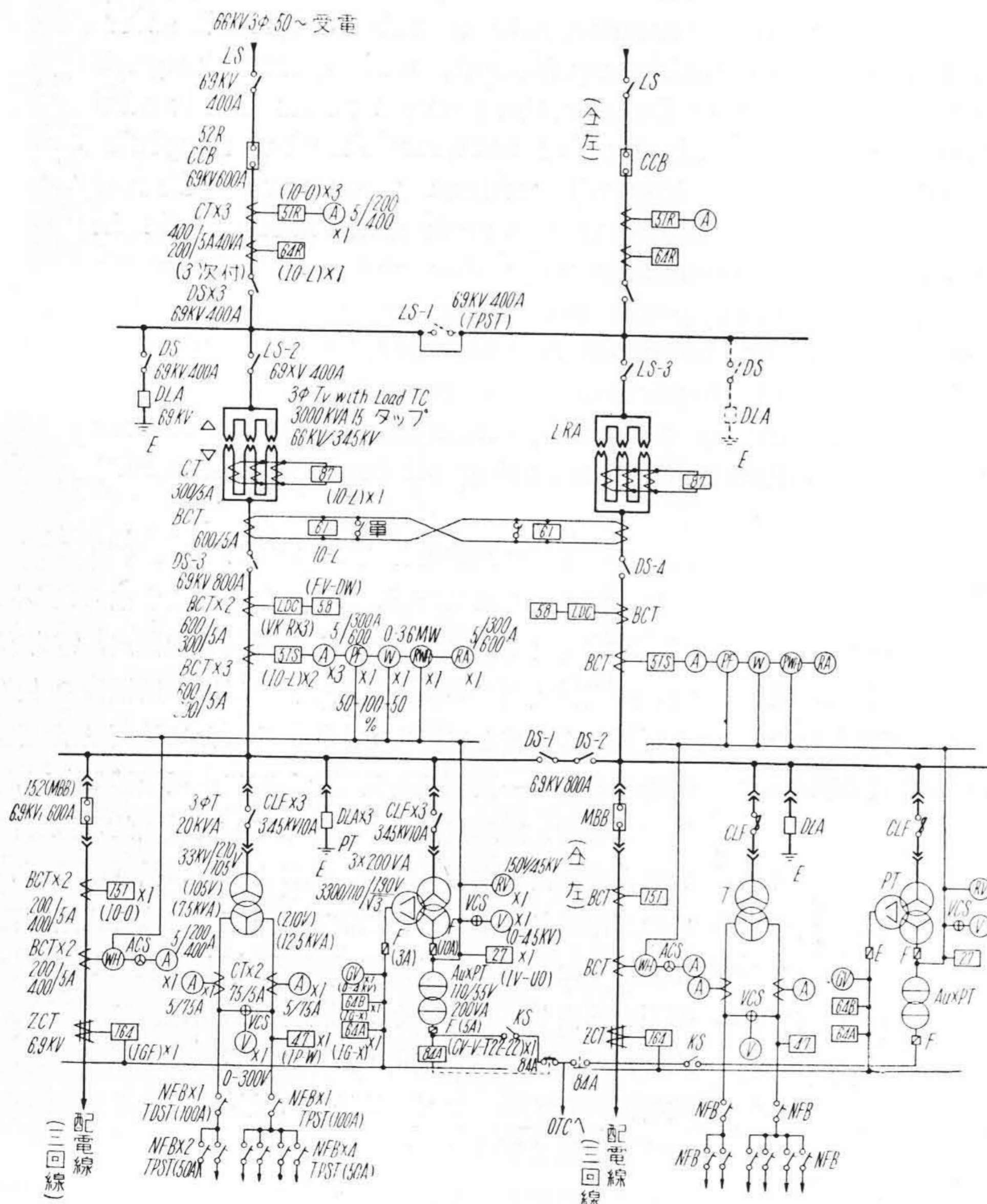
本変電所の定格は下記の通りである。

- 容量.....6,000 kVA
(3,000 kVA 単位×2)
- 受電電圧.....66,000 V 50~
- 配電電圧.....3,300 V 50~
- 配電線数.....6 回線
(1 単位3 回線)

第1図は本 U.S.S. の全景であつて、U.S.S. 様式の特長である小敷地内に簡潔な機器配置で収められている。第2図はその単線結線図である。



第1図 常盤台ユニットサブステーションの全景
Fig.1. General View of Tokiwadai Unit Sub-Station



第2図 東京電力株式会社常盤台 U.S.S. 単線結線図
Fig. 2. Skeleton Diagram of Tokiwadai U.S.S. Tokyo Electric Power Co., Ltd.

(1) 遮断器

受電側遮断器としては、下記定格仕様の制弧遮断器が採用された。

型	式.....	BO-150 B-O ₃ TPAB
電	圧.....	69,000 V
電	流.....	600 A
遮	断 容 量.....	1,500,000 kVA
絶	縁 階 級.....	60号

本遮断器の詳細については別稿に譲り、ここでは本器が特に全交流操作式 U.S.S. 向けとして製作せられた諸点について述べることにする。すなわち開閉操作はすべて交流で制御され、投入力は小型附属圧縮装置からの圧縮空気によっている。引外しには変流器二次電流による過電流引外線輪 (Series Trip Coil) 3 箇と交流電圧引外線輪 (Shunt Trip Coil) 1 箇とを有し、その引外し機構は特に小勢力の特殊構造として、従来大容量遮断器の場合にその不確実さを懸念されてきた過電流引外しを確実なものとするに成功している。なお本遮断器は変電所の運転起動時に手動操作もなしうるよう、手動操作機構はきわめて軽快にできている。

(2) 変 圧 器

主変圧器としては負荷時タップ切換変圧器が採用され、後述別項に説明するようにタップ切換を自動操作として配電電圧の安定が計られている。

本変圧器の定格は

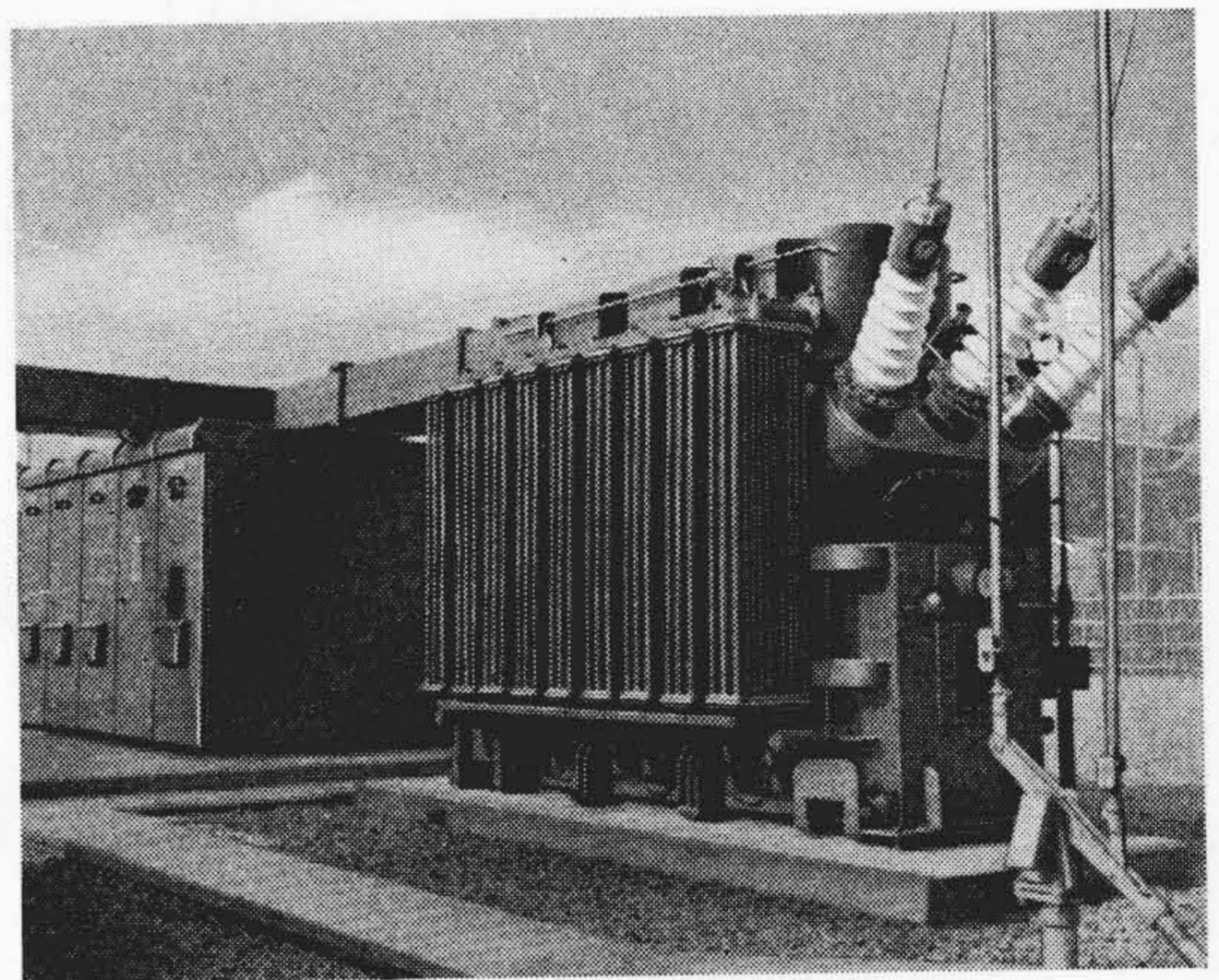
容	量.....	3,000 kVA
相	数.....	三 相
型	式	SLORV-3C (屋外用三相油入自冷式密封内鉄型)
電	圧	一次 F 66-F 63-R 60-F 57 kV ±10% 調整
		二次 3,450 V一定
		(80%力率にて)
絶	縁 階 級	一次.....60号
		二次.....6号
総	重 量.....	29,400 kg

であつて、第3図はその現地写真である。本変圧器は同図でわかるように全装可搬型が採用された。工場の組立、試験を完了した最良の状態そのまま現地に輸送しうることには建設期間の短縮と建設費の低減に利すること実に顕著なものがある。本変圧器の輸送については第3限界の国鉄輸送が可能であるほか、トレーラ輸送の便をも計るため、トレーラに乗せて高さ 3.5 m、幅 2.5 m に抑え、6 m の路幅があれば牽引車を含めて直角方向に自由に回転できるように

設計されている。また本器は無人変電所用として、窒素ガス封入の完全密閉式とし、絶縁油ならびに絶縁物の劣化を防ぎ、永年の無事故、無点検が計られている。その密封構造は負荷変動の多い場合に適するガス室付を添用して、周囲温度の変化および負荷変動による内圧の変化に対処し、また高度の真空処理による完全脱気の絶縁油を使用して信頼度を高めている。

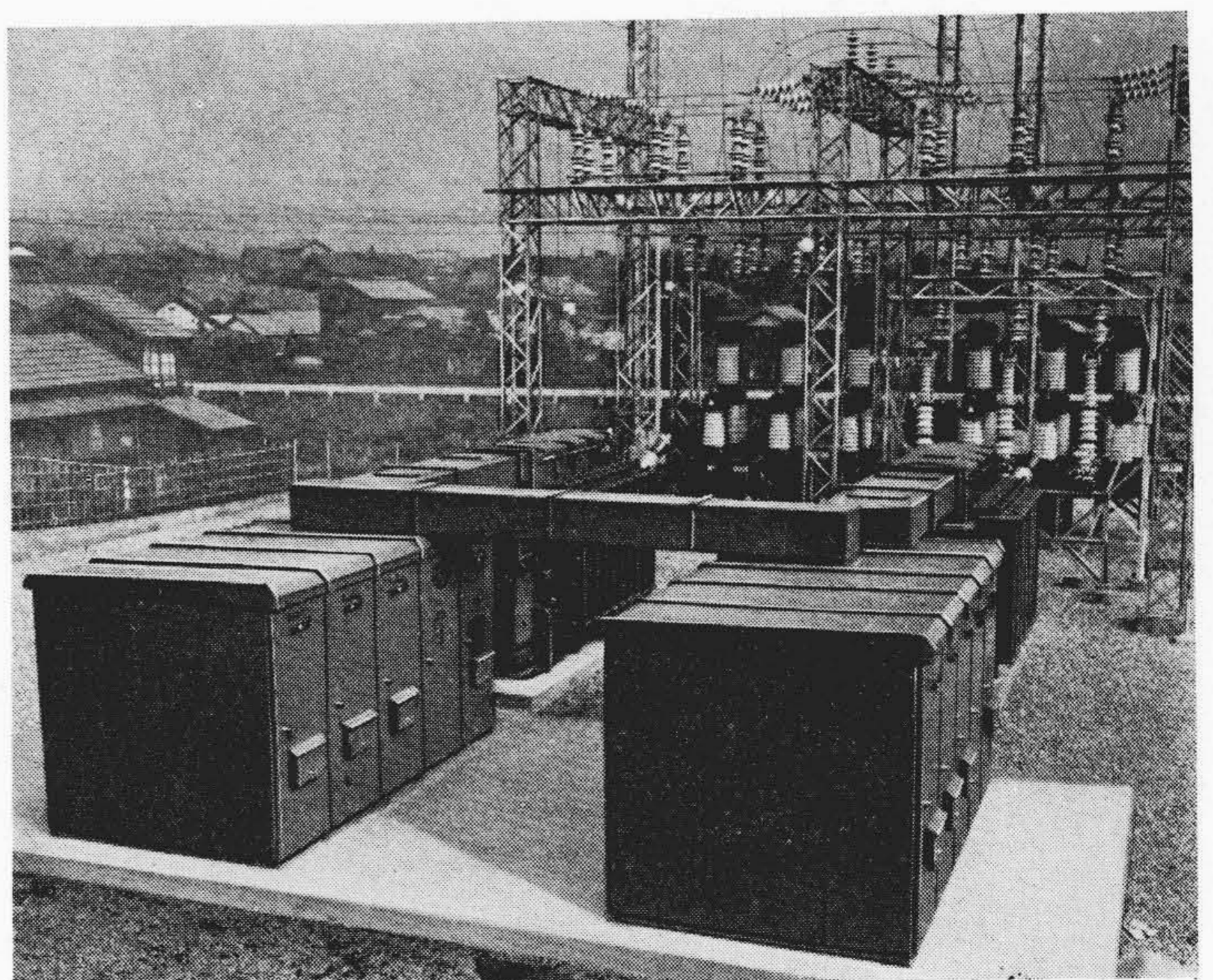
〔IV〕 二 次 側 開 閉 装 置

二次側開閉装置としては、屋外用キュービクル型が添用された。第4図は現地据付状態を示す写真である。本 U.S.S. に納入されたキュービクルは第5図 (次頁参照) に示すように計10台であつて、その定格および用途は第1表 (次頁参照) の通りである。



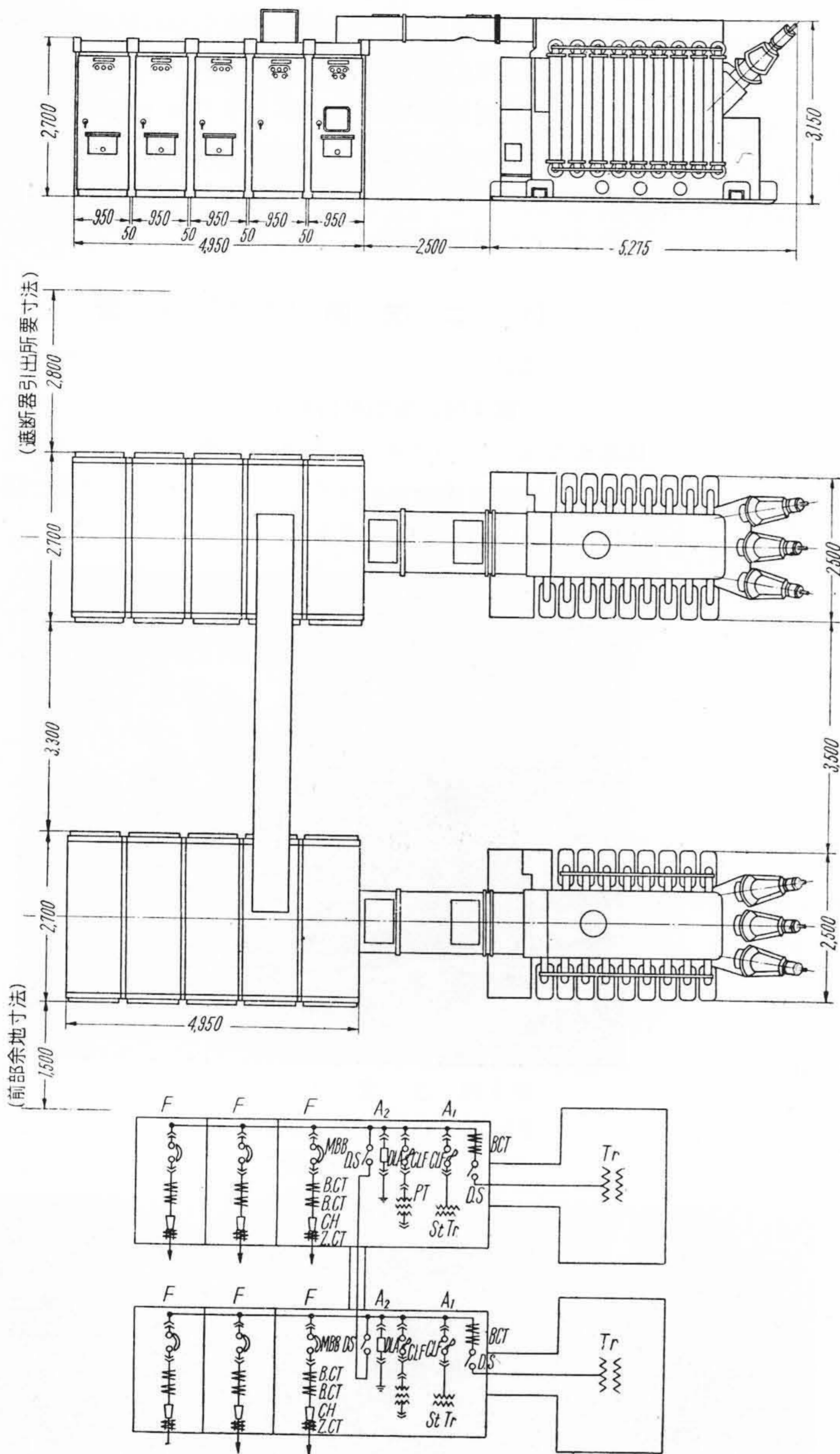
第3図 主変圧器の外観

Fig. 3. Out-Side View of Main Transformer



第4図 キュービクル型開閉装置の外観

Fig. 4. General View of Cubicle Type Switchgears



第5図 主変圧器およびキュービクル型開閉装置の配列図
Fig. 5. Arrangement of Main Transformer and Cubicle Type Switchgears

第1表 定格、用途
Table 1. Rating and Services

標準種別	型式	定格電圧 (V)	定格電流 (A)	遮断器		用途
				型式	遮断容量 (kVA)	
A ₁	OMS-DT	6,900	800	—	—	主変圧器用
A ₂	OMS-DLP	6,900	800	—	—	母線連絡用
F	OVS-10 M-O ₂ VTE	6,900	600	BMM-10-O ₂ VTEA	100,000	配電線用

本キュービクルは第5図および第1表でわかるように、A₁型主変圧器用、A₂型母線連絡用、F型配電線用の三種別の標準型に設計され、その組合せとなっている。U.S.S.機器の中でも変電所運転機能の中心をなす本開閉装置は特に

- (1) デッドフロント...安全の保証
- (2) フールプルーフ.....誤操作の完全防止

- (3) 信頼性.....高度の絶縁
 - (4) 互換性.....融通性の確立
 - (5) 全装可搬.....建設の簡易
 - (6) 火防性.....火災防止
- などについて苦心されている。

(1) 一般構造

(i) 屋外構造

無監視の下に永年の運転に差支えないよう防塵、防湿、防錆など屋外構造については特別の考慮が払われている。すなわち防水に対しては扉、屋根、隣接函間の連結部などすべて雨樋式構造となっている。防塵としては通気装置に特殊のスクリーンを設け、防虫をも兼ねてある。夏季直射日光に対する防熱は屋根を二重とし、中間に空気層を設けることによつて直射熱の影響を減殺するとともに、通気装置によつて十分な函内換気が計っている。さらに防湿用ヒータを函内底部の前後に装備して適宜調節できるようにしてある。防錆には特に意を用い、素材の完全な除錆後ボンデライズ処理を施し、入念な錆止下地塗装と仕上塗装が施されている。

(ii) 函内照明

点検、補修時の便を計つて函内前後部に照明灯を設け、外扉を開けば自動的に点灯するようになっている。

(iii) 外扉の鎖錠

無監視の下に放置されることが多いので、外扉はおのこの鎖錠され監視者が専用の鍵で開閉するようにしてある。

(iv) 母線および接続導体

母線は他と区劃された母線室内に収められ、母線および接続導体は空気絶縁による十分な配置間隔をとり、絶縁度の高い新型支持碍子を使用した。接続部はすべて銀鍍金が施され、永年の通電にも接触面の酸化を防止した。

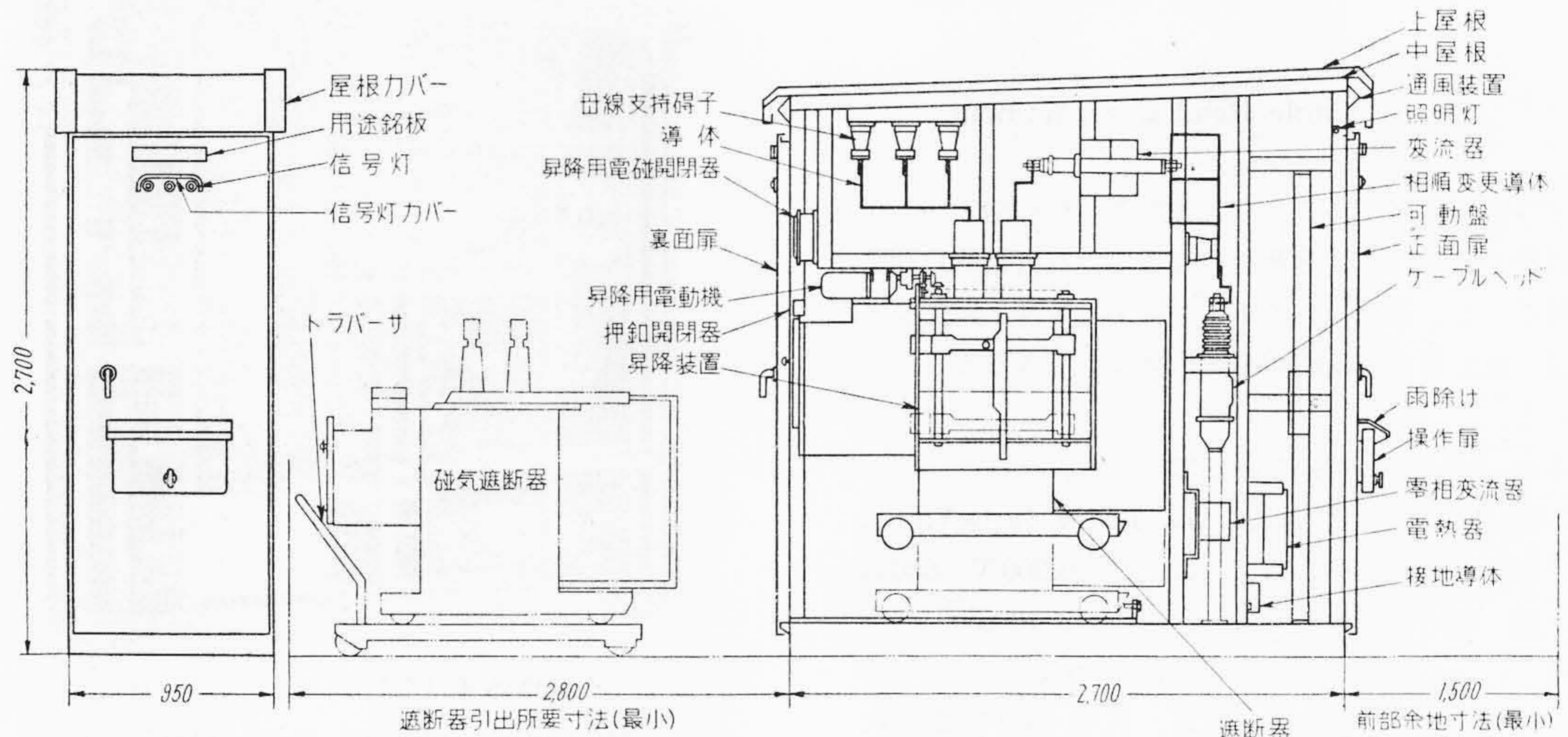
(v) 耐燃塗装

本キュービクルの塗装に使用された塗料は、工場において実験した結果最も優秀な耐燃性のものが採用されている。

(2) 遮断器用キュービクル (F型配電線用)

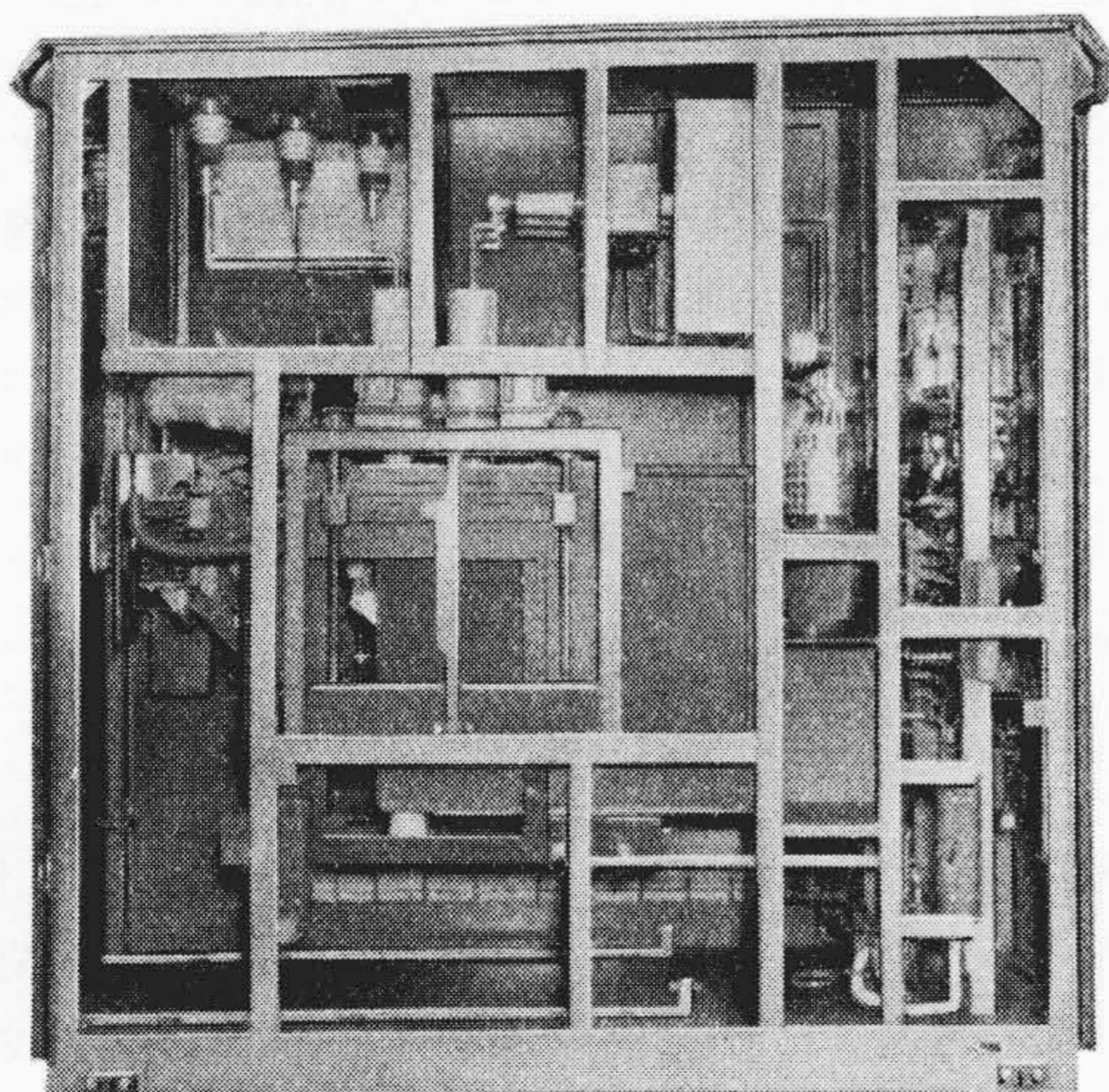
第6図は本キュービクルの構造図、第7図はその側面写真である。前面側は制御盤室で配電盤は裏面配線の点検を便にするため可動式となっている。外扉上には遮断器の赤、緑の信号灯および事故遮断を表示する白色灯を附し、外から一見して遮断器の動作状態がわかるようにしてある。また操作頻度の多い操作開閉器は本扉上に取付け操作の便が計られている。第8図はその操作状態を

示すものである。制御盤後部の隔壁を取外すとケーブルヘッド室となっており、第9図(次頁参照)にその部分を示す。後面側は遮断器室でその上部は断路部を経て母線室となっている。遮断器は昇降断路型でブッシングの上端に可撓チューリップコンタクトを有し、軽便な電動操作の昇降装置によつて、操作位置(昇位置)では断路部固定接触子と閉合、回路を形成する。断路位置(降位置)では外部に引出し点検ができる。第10図(次頁参照)は遮断器の引出状態を示すものである。遮断器の昇降すなわち断路部の閉合、開離はかならず遮断器が開路の状態でのみ可能とする連動装置で、誤動作を防止し、また遮断器の引出時には断路部充電側を自動遮蔽板で隔離する



第6図 OVS-10 M 型キュービクルの構造図

Fig. 6. Details of Type OVS-10 M Cubicle



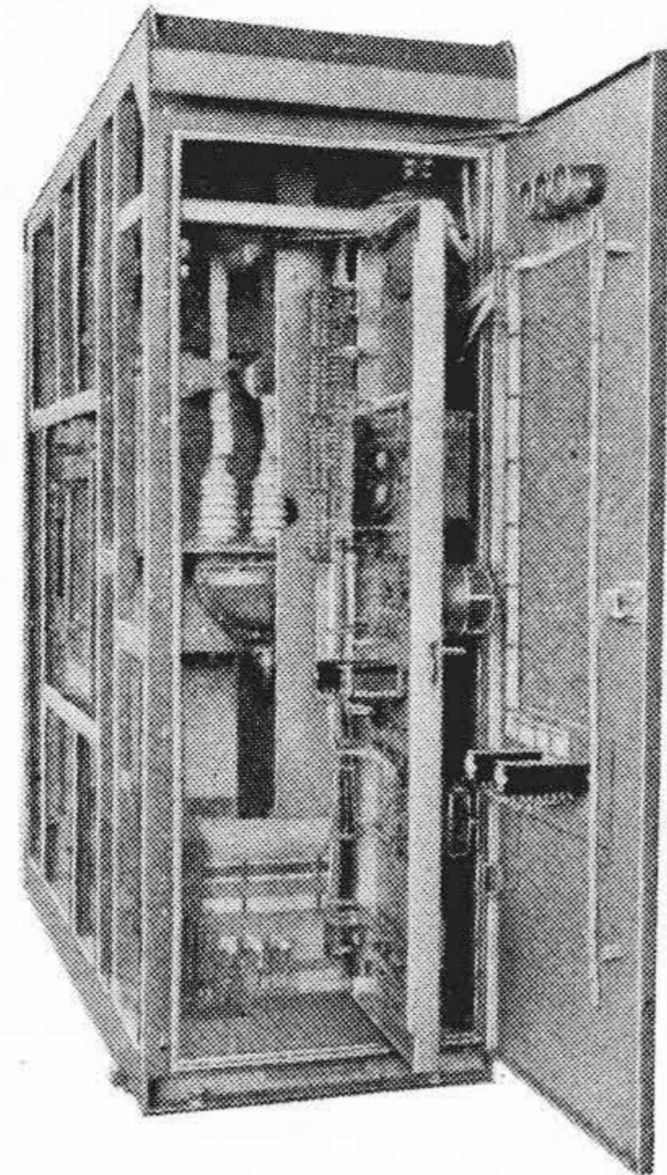
第7図 OVS-10 M 型キュービクルの側面図

Fig. 7. Side View of Type OVS-10 M Cubicle



第8図 外扉取付の操作開閉器

Fig. 8. Operation of Control Switch Fitted to Out-Side Door



第9図 ケーブルヘッド室
Fig.9. Cable Head Compartment

などの安全装置がある。なお遮断器操作回路にはプラグ式接点を設けて、遮断器の昇降につれ自動的に開閉する構造とし、共通のテストキャビネットにより断路位置で遮断器の電氣的開閉操作試験もできるようになっている。

本キュービクル用磁気遮断器の定格、仕様は

型 式..... BMM-10-O₂VTEA
定 格.....6,900 V 600 A
遮 断 容 量.....100,000 kVA
(3.45~6.9 kV において)

投入用電動機.....A.C. 200 V 2 H.P.

三相誘導電動機

引 外 方 式.....過電流引外線輪 2 箇

低電圧引外線輪 1 箇

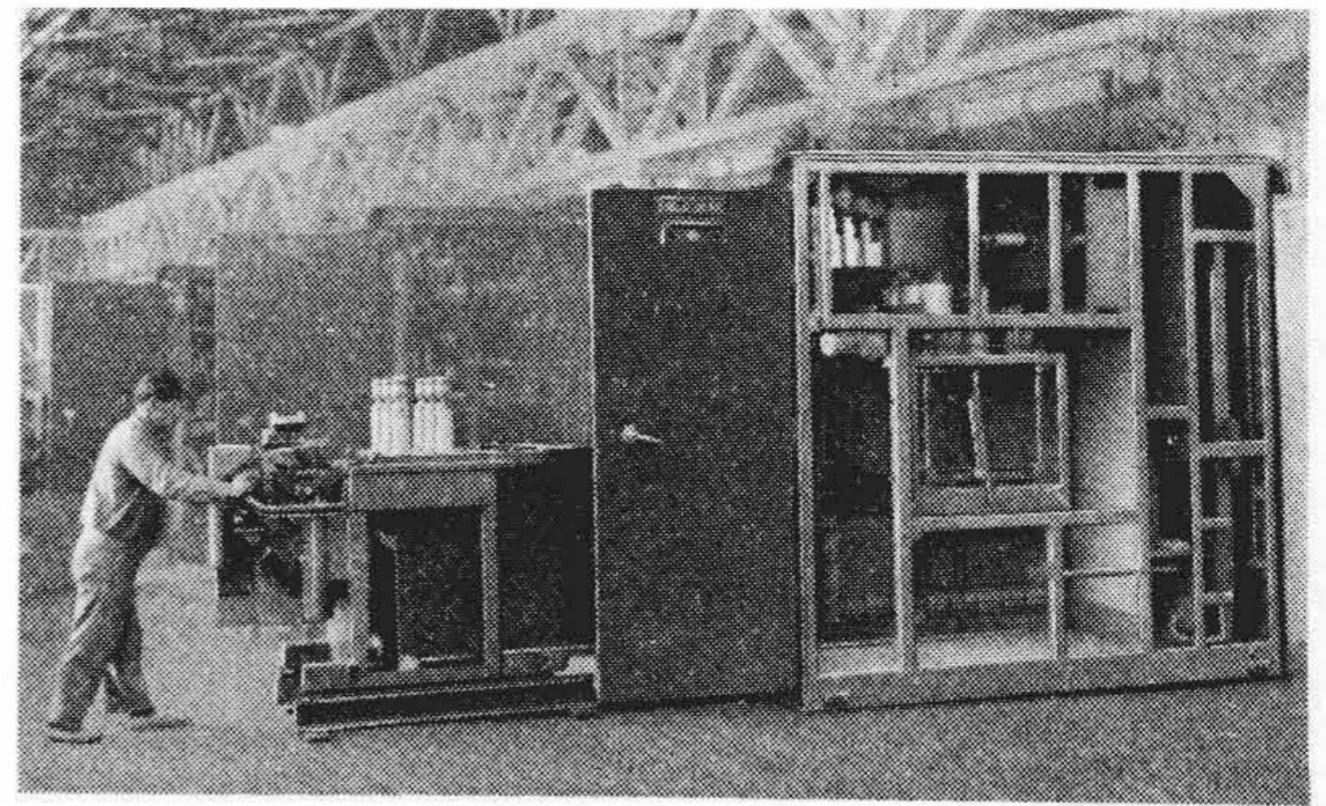
(限時装置付)

交流電圧引外線輪 1 箇

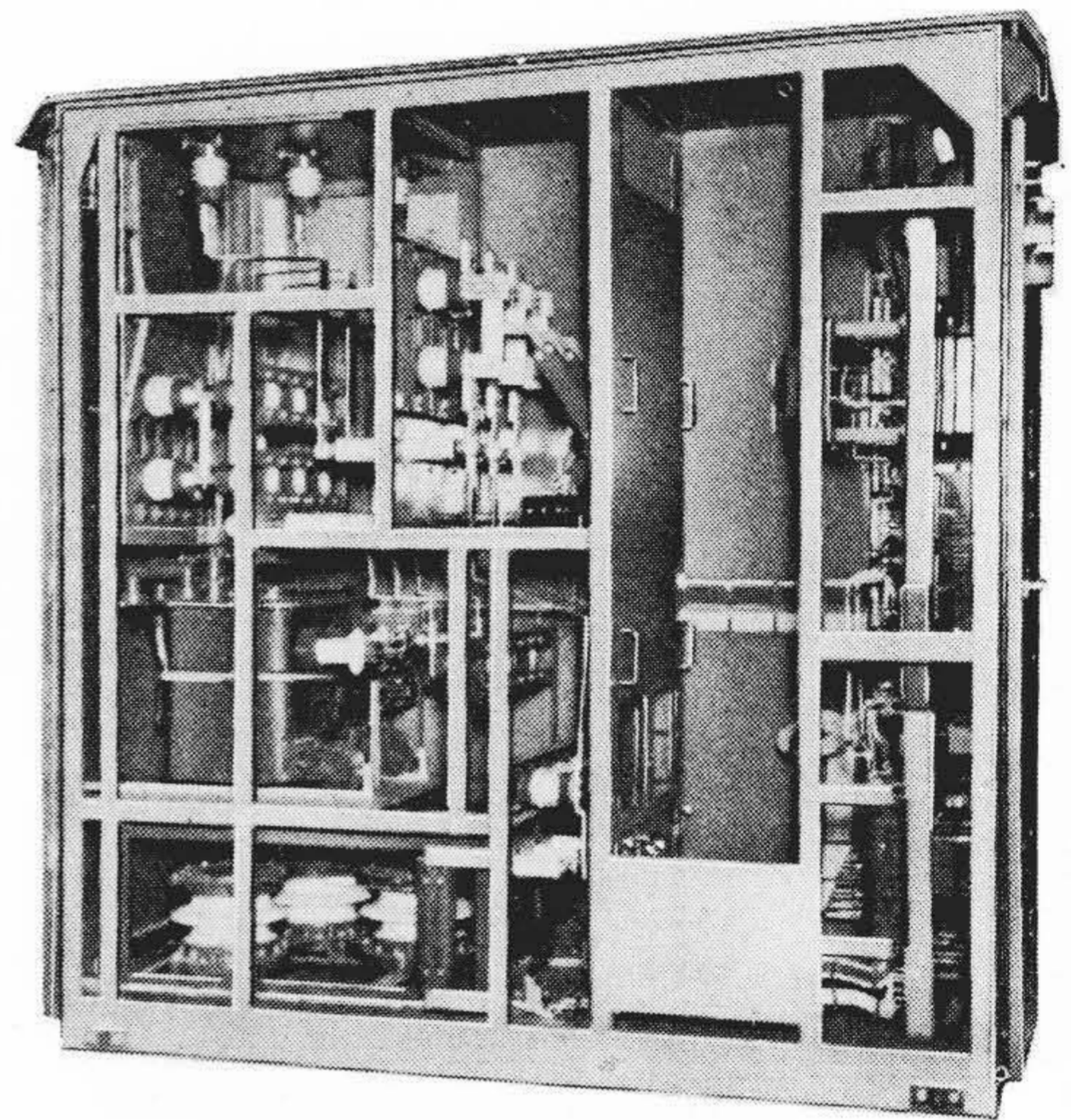
であつて、油なし遮断器として火災防止と保守点検の簡易化に特長をもつものであるが、特に本器は交流操作式無人変電所用として、別項に説明する理由から過電流引外装置は変流器の負担を軽減し、しかもその動作を確実にする小勢力機構とする外、低電圧引外装置は特殊の時限装置による約5秒の時限付として、交流操作式の信頼度を高めるなどの苦心が払われている。なお納入に当つては JEC-57 による型式遮断試験のみならず、10,000回の連続開閉試験、汚損湿潤状態における各種絶縁試験など、苛酷な特殊試験を行いいずれもきわめて良好な性能を発揮した。

(3) 補助機用キュービクル

補助機器用としては A₁ 型主変圧器用と A₂ 型母線連絡用キュービクルが製作された。第5図中の単線結線図



第10図 遮断器の引出
Fig.10. Draw Out of Circuit Breaker



第11図 OMS型DLP式キュービクルの側面図
Fig.11. Side View of Type OMS Form DLP Cubicle

に示すように、A₁ 型は変圧器二次断路器と所内変圧器および変圧器制御盤とを収め、A₂ 型には母線連絡用断路器と計器用変圧器、避雷器および所内盤とが収められている。第11図は A₂ 型キュービクルの内部構造を示す写真である。所内変圧器、計器用変圧器ならびに避雷器はいずれも引出型であつて、無電圧の状態での点検できる構造となつている。変圧器はいずれも不燃性油使用の密閉型とされ、絶縁の強化と火防に対する考慮が払われている。

[V] 制 御 装 置

変電所の操作電源としては少くとも 48V 程度の引外電源としての蓄電池を設けるのが普通であるが、本変電所は全交流操作として、かつ蓄電池を有する場合と同等の信頼性を有せしめるため幾多の新考案が採用されている。

さらに負荷時タップ切換変圧器の自動電圧調整継電器

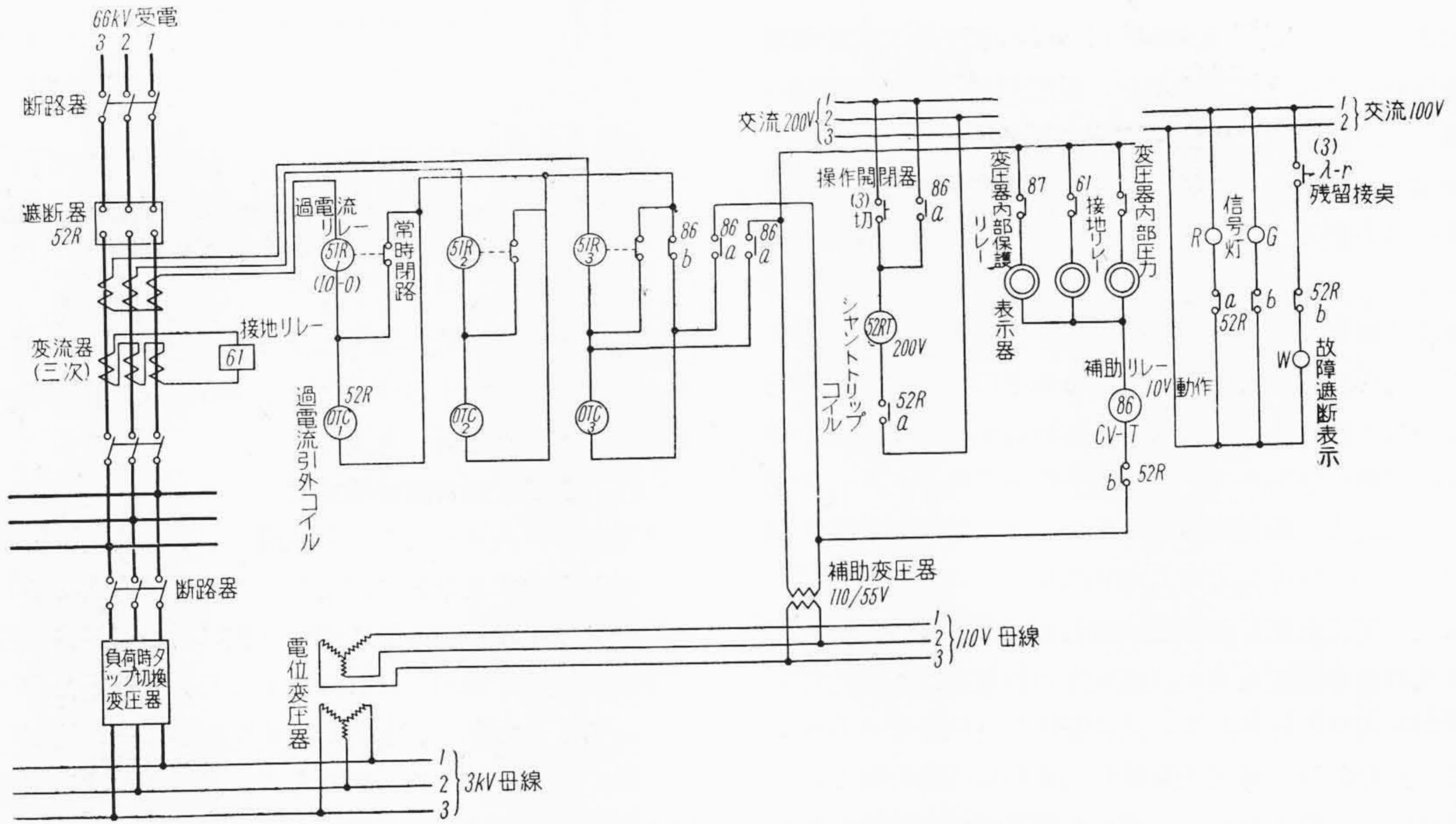
と配電線自動再閉合継電器は新設計の継電器を採用して操作の确实と装置の簡素化を計り、また折たたみ式チャートの電子管増幅式記録電流計と一時間毎に使用電力量を数字で記録する印字式記録積算電力計を使用するなど無人変電所に適合した改良が施されている。

(1) 交流電源のみによる遮断方式

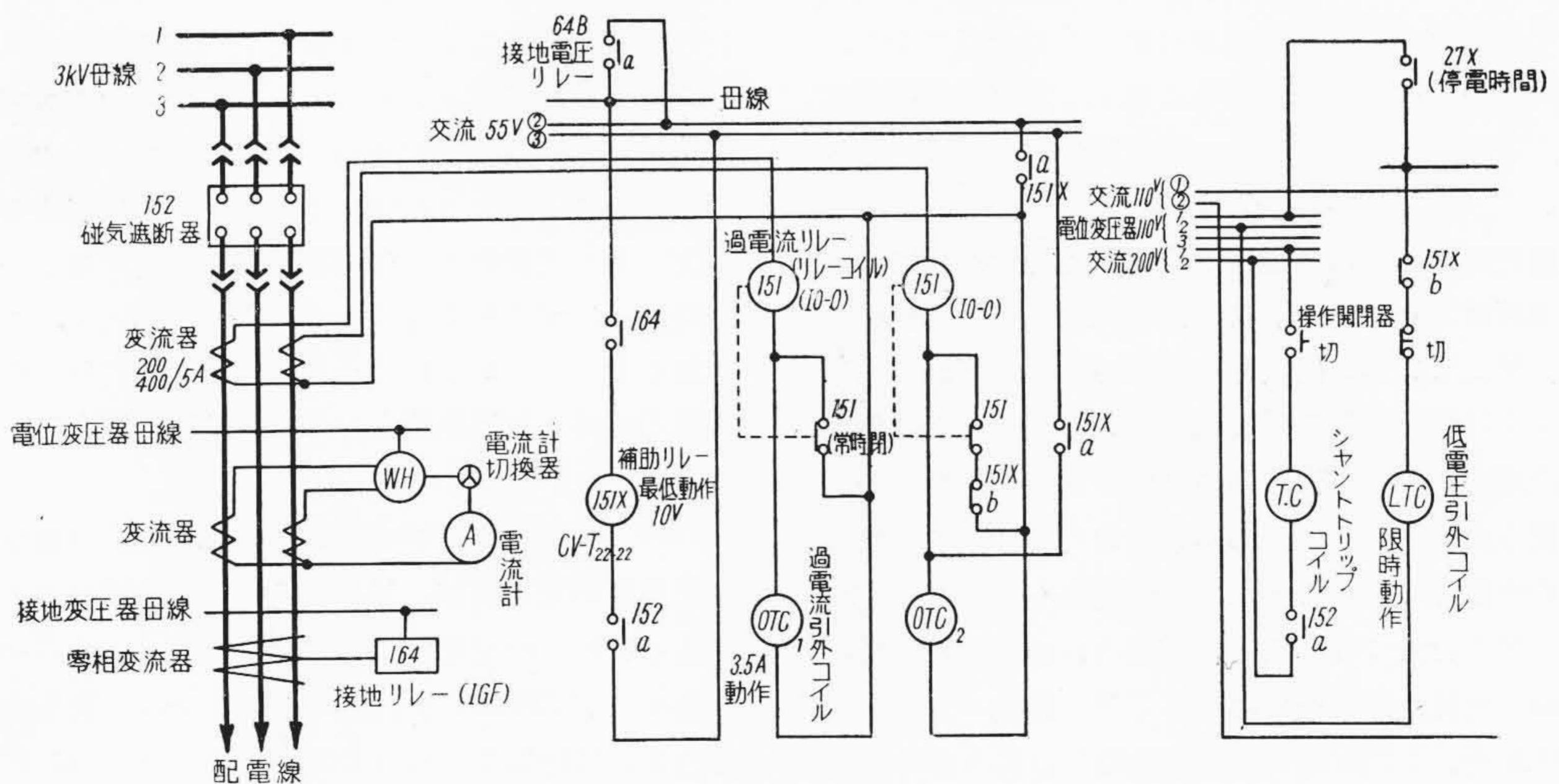
第12図は受電回路用遮断器の保護継電方式第13図は配電線用遮断器の保護継電方式を示すものである。受電回

路用遮断器は手動または圧縮空気投入操作を行う碍子型制弧遮断器で過電流引外線輪 ((Series Trip Coil) 3 箇と交流電圧による引外線輪 (Shunt Trip Coil) 1 箇とを有している。

配電線用遮断器は電動操作式磁気遮断器で過電流引外線輪 2 箇と交流電圧引外線輪 1 箇とさらに限時付低電圧引外線輪 (Low Voltage Trip Coil) 1 箇とを有している。短絡事故の場合は過電流継電器が動作してその接点



第12図 受電線保護継電方式説明図
Fig. 12. Schematic Diagram of Protective Relaying System by Receiving Line



第13図 配電線保護継電方式説明図
Fig. 13. Schematic Diagram of Protective Relaying System for A.C. Feeder

を開き過電流引外線輪に変流器二次電流を流して遮断する。

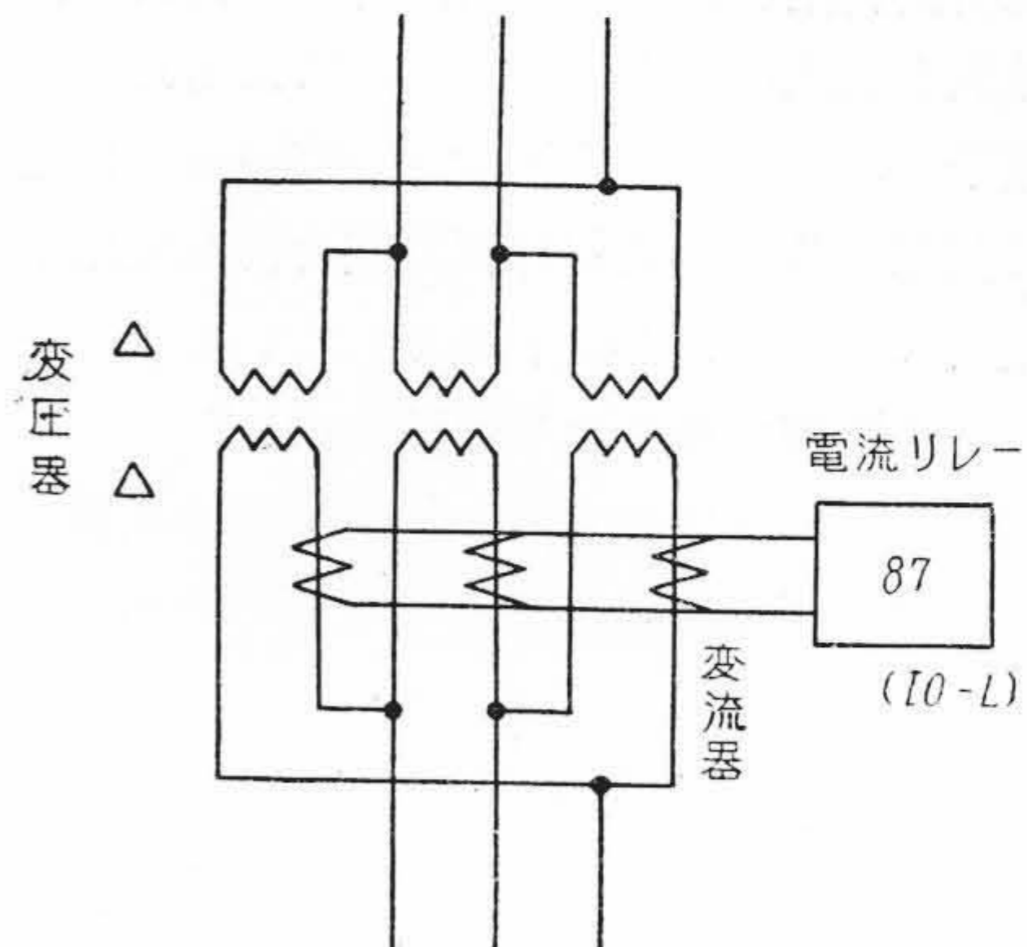
変圧器の内部保護継電器または配電線接地保護継電器などが動作した場合、単に電圧引外線輪を附勢するのみでは交流電圧の低下する条件と重複した場合は動作不確実となる危険がある。電圧引外線輪の最低動作電圧は通常60%であるが、過電流継電器の動作するに至らない電流でしかも変圧器二次電圧が60%以下になる可能性がある。

今かりに定格電圧3,300Vにおける変圧器二次短絡電流を定格の10倍と仮定すると、電圧が2,700V(約82%)に低下しているときは定格電流の約2.5倍の短絡電流で二次電圧は約60%に低下する。過電流継電器の整定を定格の2.5倍にしたとすると、この状態で変圧器内部事故が併発し、継電器が動作しても前者の過電流継電器の動作は不確定であり、後者の内部保護継電器によつて交流電圧引外線輪を附勢しても電圧低下のため動作不安定となるおそれがある。これらは電源電圧の低下程度、過電流継電器の整定タップ、短絡事故発生地点、または短絡の状況、変圧器事故の状況などによつてはさらに不利な状態になりうることも予想される。

以上の欠点を除くため第12図および第13図に示すごとく変圧器保護継電器または接地保護継電器が動作したとき補助継電器を附勢して、交流電圧引外線輪を生かすと同時に配電線の場合は低電圧引外線輪回路を開くと同時に補助電位変圧器の二次電圧を過電流引外線輪に加えるようにした。過電流引外線輪も補助継電器もおのおの10V程度の電圧で動作するものである。補助電位変圧器は110/55Vであるから操作電圧が定格の20%程度に低下しても確実な保護遮断が可能となるわけである。第13図の場合は過電流引外線輪に電圧を加えると同時に変流器二次電流を重畳せしめて遮断動作を確実ならしめている。

本変電所においては停電の場合は配電線用遮断器のみを自動遮断せしめている。このために限時付低電圧引外線輪を併用している。遮断器の引外線輪は理想的には単に低電圧引外線輪のみで差支えないわけであるが、無人変電所であることと動作の万全という点から、以上のごとき併用方式としたものである。なおここで問題になるのは変電所母線の近くで短絡事故が発生した場合過電流継電器の動作をまつことなく低電圧引外線輪で、瞬時に自動遮断し短絡か停電かの区別ができず爾後の処置を誤ることになる。このために低電圧線輪には約5秒の限時動作特性を有せしめることによつて解決した。

交流55Vの引外電源は操作用変圧器一号二号より自動切換によつて給電し万全を期している。



第14図 変圧器保護継電方電線接続図

Fig. 14. Connection Diagram of Transformer Protective Relaying System

前述のごとき方式の採用により引外回路は多少複雑になるが蓄電池を有する場合に比し同等程度の保護遮断を可能ならしめたものと考えている。

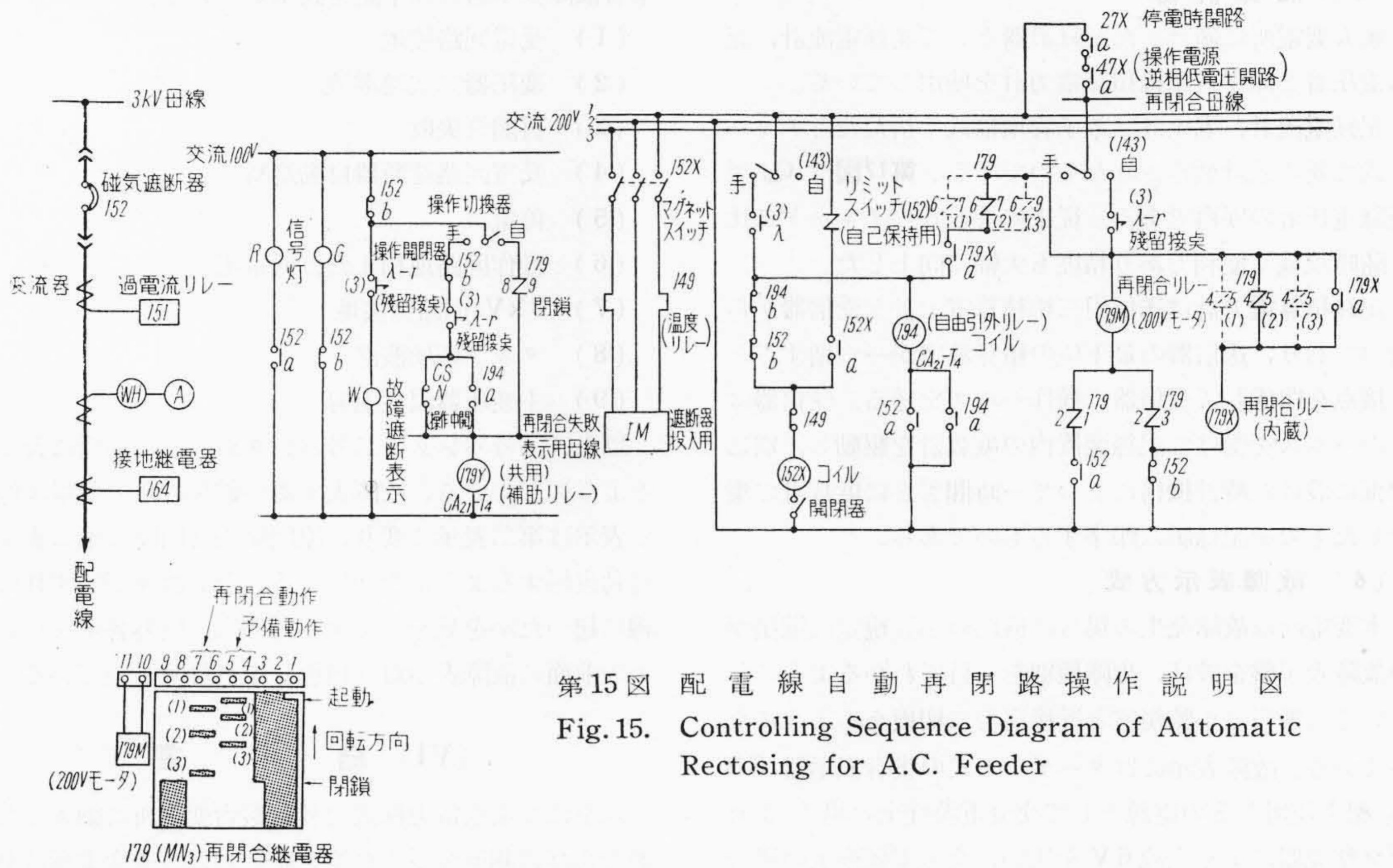
(2) 主変圧器保護継電方式

主変圧器は前述のごとく負荷時タップ切換装置付である。第14図は本変電所に採用した内部保護方式である。すなわち変圧器内部事故の場合一次二次Δ回路内を環流する故障電流を検出し、これによつて電流継電器を動作せしめるものである。本方式は変圧器がΔ-Δ接続の場合に限つて適用しうるものである。工場における等価実験ならびに計算結果とも5%程度の部分短絡も検出可能と判定された。本方式は短絡、接地などの外部事故、投入時の突入電流、高調波環流、タップ切換過程、変流器特性差などによつて誤動作するおそれのないことは理論的にもまた現地における実験によつても確認された。

なお主変圧器はコンサベータなしで単にガス室が下部に取付けられる構造であるため、プッフホルツ継電器を使用することができない。このために変圧器内部の異状圧力によつて動作する圧力開閉器を設けてある。並列運転時にタップの相異を生じたときは横流によつて電流継電器を動作せしめ遮断停止せしめている。その他タップ切換の渋滞または温度上昇の場合は近接宿舎に警報している。

(3) 負荷タップ切換変圧器の自動電圧調整継電器

従来自動電圧調整に対しては電圧調整継電器と限時継電器とを組合せ電圧調整継電器が動作してから一定時限の後タップ切換操作を行つていた。今回は電圧調整継電器自体に限時動作の特性を与えた新型継電器FV-DW型を開発して操作回路の簡素化を計つた。感度1.5%とした場合感度一杯の電圧変化に対しては昇圧例降圧例とも約30秒の限時動作であり、より高いまたはより低い



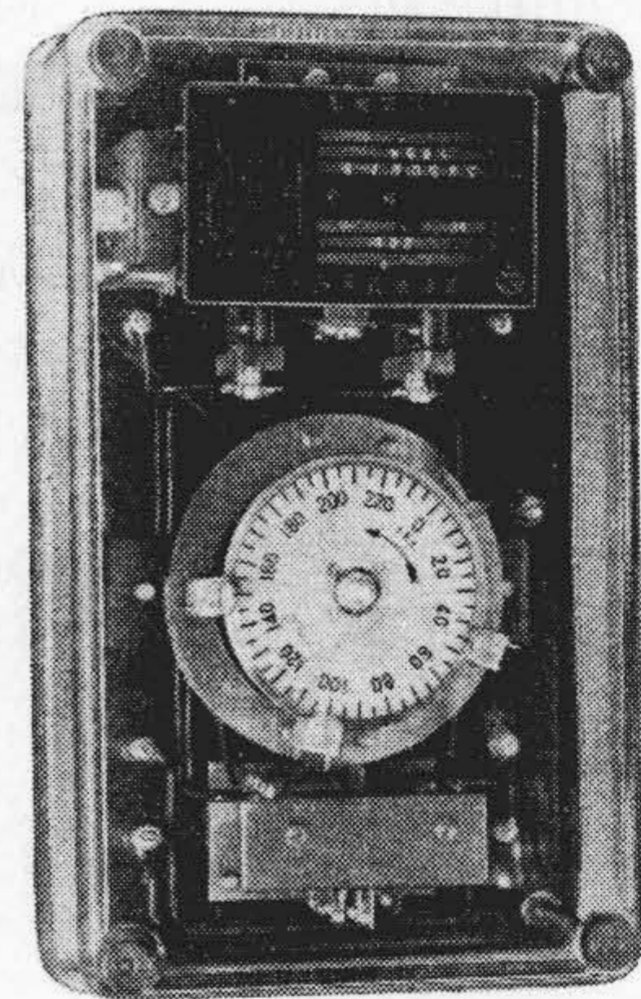
第15図 配電線自動再閉路操作説明図
Fig. 15. Controlling Sequence Diagram of Automatic Rectosing for A.C. Feeder

電圧変化に対しては反限時特性を有している。なお限時の整定は任意に変えることができる。この継電器は動作に限時を有する反面復帰にも若干の限時を要するので切替操作ごとに継電器電圧線回路を開放または抵抗の一部短絡などを行って急速に復帰せしめ、過調整を防止している。タップの自動切替に対しては従来通りタップ一段切替ごとに適当な休止期間を設けて、不必要に頻繁な切替操作の抑制と操作機構の時間的相違を補正せしめていることには変りはない。

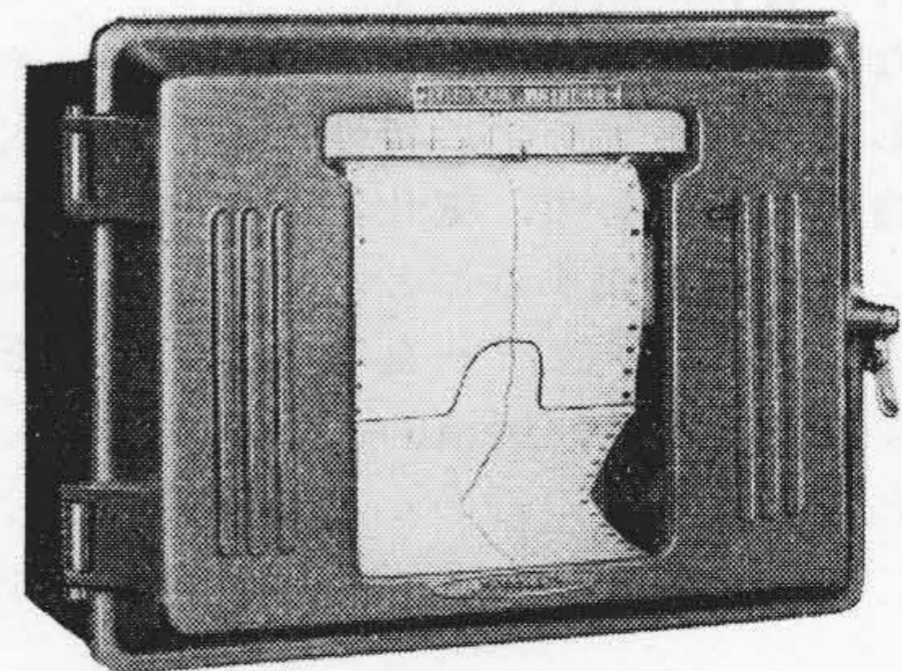
(4) 配電線自動再閉合方式

第15図は再閉合方式の操作説明図である。短絡または接地事故のときは遮断器を遮断し、一定時限の後再閉合一回を行うものである。再閉合操作の主体をなす再閉合継電器も今回新に開発された新型継電器 MN₃ 型を使用した。第16図はその写真である。この継電器は一回から三回まで任意回数の再閉合操作が可能であつて、一回の場合は 45~150 秒の間、2~3 回のときは 15~150 秒の間において任意限時の整定が可能となつている。

再閉合回数は目盛板上のつまみネジで容易に整定可能であり、整定限時も目盛に合せてレバを移動すれば良い。また補助継電器と動作回数表示器とを内蔵し、継電器の数も従来より減少し、盤面も裏面配線も一段と簡素化することができた。配電線は停電のときは一斉に遮断し、停電が回復すれば各配電線は約 5 秒間隔で順次自動的に再閉合するようになつている。



第16図 MN₃ 型自動再閉合継電器
Fig. 16. Type MN₃ Automatic Reclosing Relay



第17図 Q₆ 型記録電圧計
Fig. 17. Type Q₆ Recording Voltmeter

(5) 記録計器

無人変電所に適合した記録計器として記録電流計、記録電圧計と印字式記録積算電力計を使用している。

記録電流計、電圧計は電子管増幅式で折たたみチャート式で新に設計製作されたものである。第17図は Q₆ 型記録電圧計の写真である。従来の巻取式のチャートに比し随時点検に便利であり精度も大幅に向上した。

記録積算電力計は送信用三相積算電力計と受信器からなっており、送信器の最下位の積算数字が一つ増すごとに接点を閉成して受信器に操作パルスを送る。受信器はこのパルスを受けて記録装置内の度数計を駆動し、別に内部に設けた時計機構によつて一時間ごとに度数計で集計したものを記録紙に印字するものである。

(6) 故障表示方式

本変電所は故障発生の場合は構内の小監視室に壁掛型の故障表示盤を設け、故障種別を一目でわかるようにしている。警報は小監視室と近接宿舎に切替えるようになっている。故障表示にはターゲット式の集合表示器 GB R₈ 型を使用しその電源として交流電源健全の場合はセレン整流器による直流 6V を用い、交流電源喪失の場合は 6V 乾電池を設けている。セレン整流器を設けることによつて乾電池の消耗を防ぐとともに、同じ 6V であることによつて使用器具は表示器、補助継電器、電鈴などは共用可能となり、全体として簡単にすることができた。なお事故による受電回路遮断器の遮断と単なる停電とを区別するために遮断器との連動回路を設けてある。

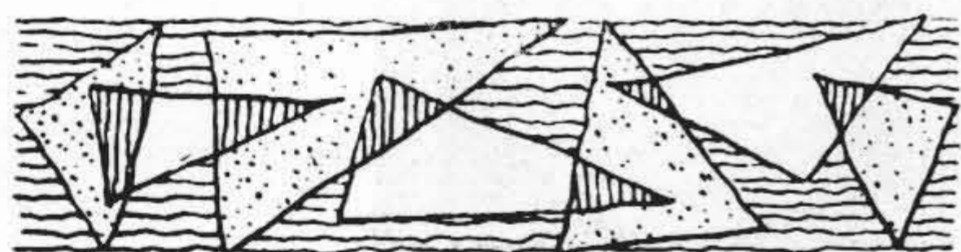
集合故障表示器には下記を表示している。

- (1) 受電回路接地
- (2) 変圧器二次過電流
- (3) 再開合失敗
- (4) 受電回路遮断器自動遮断
- (5) 停電
- (6) 操作回路逆相または低電圧
- (7) 3kV 回路微接地
- (8) タップ切換渋滞
- (9) 主変圧器温度上昇

以上は一号バンク、二号バンクおのおの別箇に表示するようにしている。故障表示器の釦を押すと警報は停止し表示は第二表示に変わり、原因除去と同時に第二表示は自動復帰するようになっている。なお故障がいずれの回線に起つたかを見やすくするために、屋外各キュービクルの前面に故障表示灯(白色)を点灯せしめている。

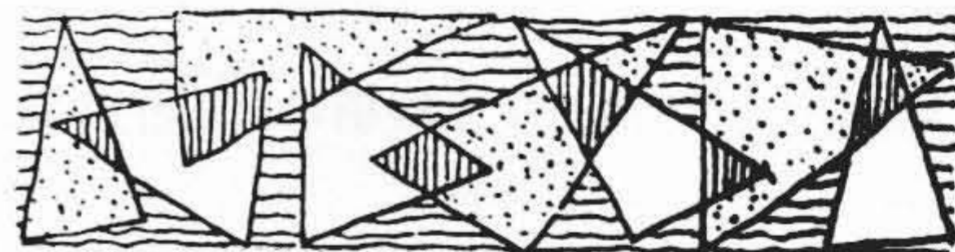
[VI] 結 言

以上にて東京電力株式会社常盤台変電所に納入した機器ならびに制御装置の概要を紹介した。本変電所は御使用者の御指導により、全交流操作方式無人変電所としての新方式にも係らず信頼しうるものを完成することができた。さらに御使用者の御協力をえていつそう保守の容易な、しかも簡易にして信頼度の高い配電用変電所の完成にいつそうの努力を払うものである。



実用新案 第 412496 号

新 案 の 紹 介



蘆 原 連・森 通 次
佐 藤 清

気 化 器

本案は気化器本体 1 に、大ベンチュリー 2 を挿入し該大ベンチュリーに設けた溝 3 に小ベンチュリー 4 の取付板 5 を取外し自在に嵌合して小ベンチュリー 4 を保持するごとくしたもので、あらかじめ大小ベンチュリーを多数用意しておきエンジンの特性に応じ適宜大小ベンチュリーを自由に選択して、気化器本体に容易に取付け二重ベンチュリーを形成することができるので、従来のように種々の二重ベンチュリーを有する気化器を準備するとき必要はなくなり、経済的に二重ベンチュリーを組立てることができるものである。(田中)

