

## 日立ユニットサブステーション

丹 秀太郎\* 池田正一郎\*

## Hitachi Unit Substations

By Hidetarō Tan and Shōichirō Ikeda  
Taga Works, Hitachi, Ltd.

## Abstract

Comparing with the customary substations, unit substations have so many outstanding features.

In this paper, the authors describe on Kadena Substation of Okinawa Island as the application of unit substation type, and general specification of Hitachi Unit Substations.

## 〔I〕 緒 言

変電所設備を合理的に簡易化して、その新しい方向を指示するユニットサブステーションの特長は、下記の要点にある。まず、全設備が屋外用に設計されて、建家不要の変電所となつた。これには二次側開閉装置を、制御盤と共に屋外構造として、変圧器側面へ直接に連ね、安全、小型、堅牢、据付容易、取扱軽便な屋外用メタルクラッドスイッチギヤ（Outdoor Metal-Clad Switchgear）型が採用された。この開閉装置は、各用途別に標準化され、任意の組合せ、将来の増設、移設等が自由となされた。配電電圧の一定保持のためには、負荷時電圧調整方式を変圧器に採用して、自動電圧調整を行い、配電線の遮断器には、自動再閉路方式を採用して、通電のサービス向上が計られた。これ等の自動操作と、設備全体に附与された高度の信頼度と相まつて、管理者の負担を軽減せしめ、その常駐も不要とした。尙単位容量は 750 kVA, 1,500kVA, 3,000 kVA, 6,000 kVA 程度の扱い易い数段階に標準化されていて、負荷中心地への設置が容易となつた。又変電所容量も、それ等単位容量の組合せによつて、増減自在とし融通性に富ましめた。以上がユニットサブステーションの概要である。これを在来の変電所設備に比すれば、建家の不要、変電所面積の節減建設の容易、負荷中心地への設置で得られる電力損失の軽減と二次電線の節減、監視者の常駐不要等より生ずる全面的費用の軽減は顕著で、実績の実証している処である。戦時中、米国に於ては、これが非常な発達をとげ、

\* 日立製作所多賀工場

変電所設備の様相を一変せしめるに至つた。我国に於ても、その採用は期してまつ機運に到達している。日立製作所はつとに、その開発につとめて来たが、先ずその具体化として、沖縄島電化の全送配電設備を受註し、各変電所設備の設計には、ユニットサブステーション様式を採用、この程完成を見た。本ユニットサブステーション様式変電所設備は、日立総合技術の粹と、永年の経験による製造技能とによつて、製作されたものであつて、A. S. A. 及び N. E. M. A. 等の米国規格にも合格するものである。その代表的な一変電所につき、その概要を紹介し、併せて日立ユニットサブステーション一般仕様の概要を述べる。

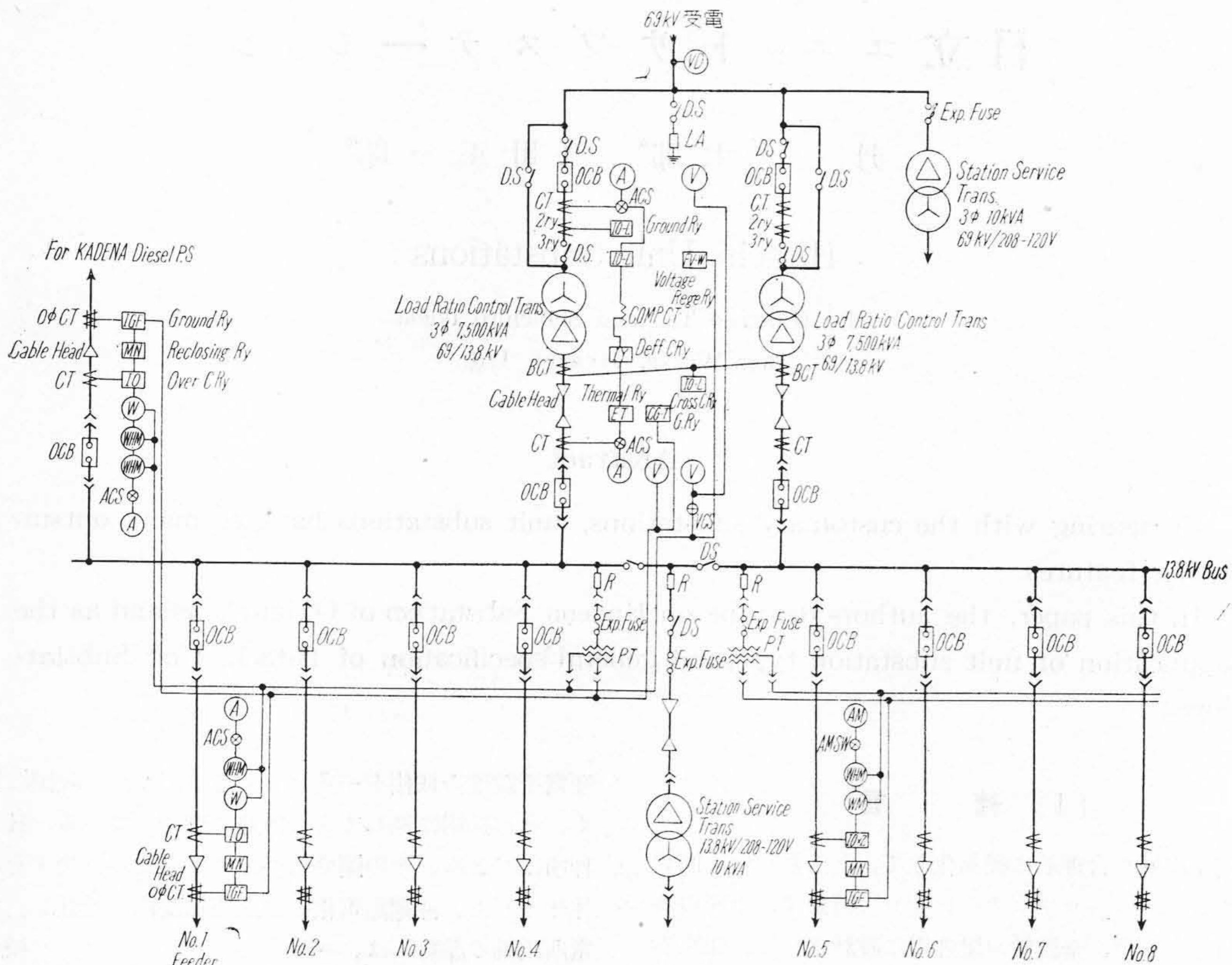
## 〔II〕 沖縄カデナ変電所設備の概要

今回納入された数箇所の変電所設備中、代表的な例としてカデナ変電所の概要を説明する。第1図（第26頁参照）はその単線接続図で、第3図（第27頁参照）は変電所の全貌を表わす図面である。その定格は

容 量	15,000kVA (7,500kVA ユニット二組)
周 波 数	60 $\sim$
相 数	三相
受電電圧	66,000 V (三線式)
配電電圧	13,800 V (三線式非接地)
配電線数	9 回線

であつて、二次変電所としては相当大容量の変電所であるが、その注目すべき点は、設備の設計にユニットサブステーション様式を取り入れたことにある。その効果として、第3図に見るように、外見上からは在来の変電

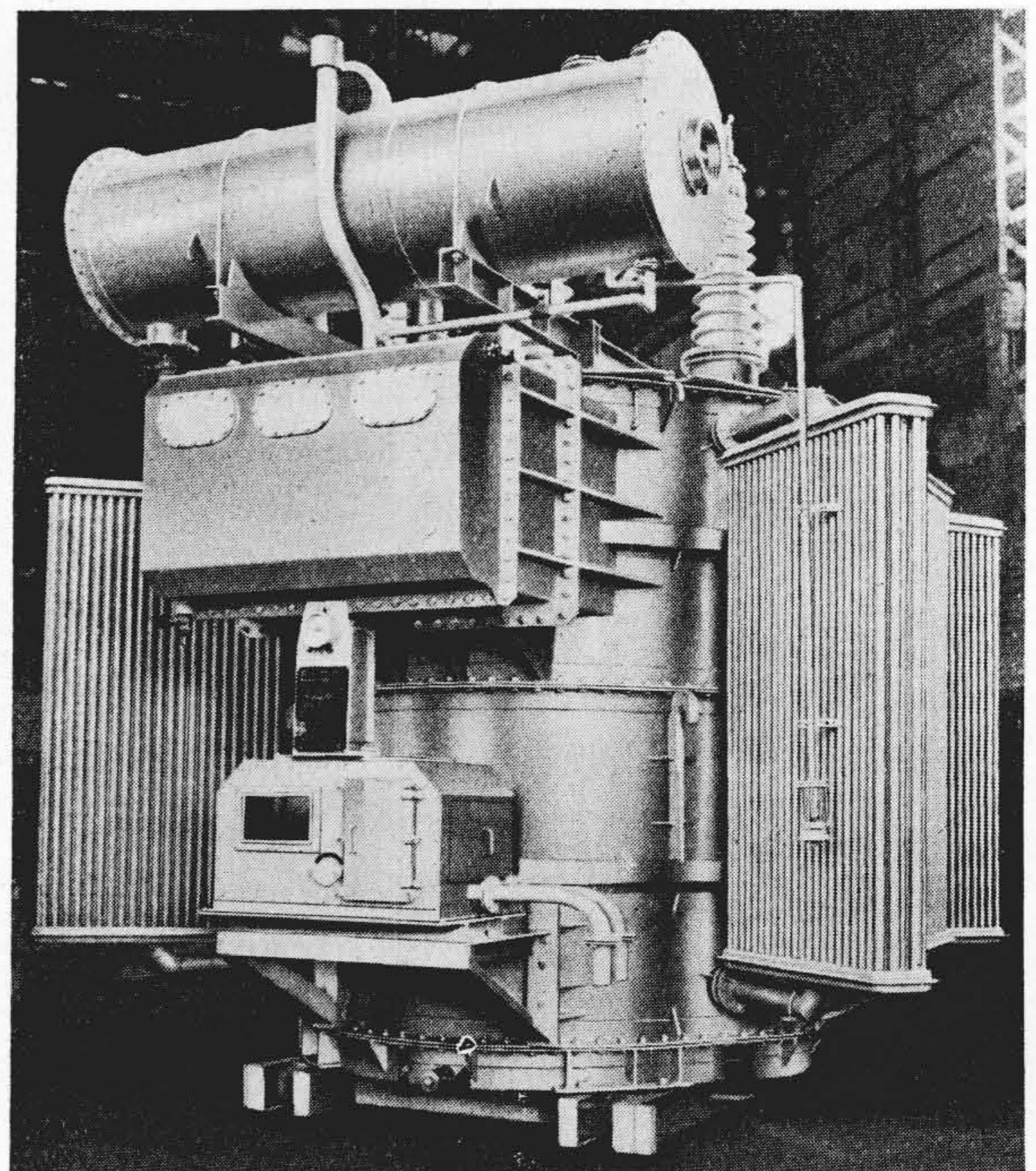




第 1 図 カデナ変電所単線接続図  
Fig. 1. Skeleton Diagram of Kadena Substation

所と異り、要領よく少面積に纏まり、建家もなく、感じの良い変電所となつている。実質的には、その運転方式を半自動式とし、且信頼度を高め高能率たらしめる等、種々の考慮が払われていて、監視人の常駐を要せぬ屋外無人変電所として設計されたものである。その主要な点をあげれば、66kV 側開閉装置部分では、断路器と遮断器間には、誤操作防止の鎖錠装置を施して、操作者の負担を軽減せしめている。7,500kVA 三相変圧器には、負荷時電圧調整方式を採用して、自動電圧調整を行い、二次側電圧の一定保持を自動的に保償している。第 2 図はその写真である。13.8kV 側開閉装置部分の設計は、屋外用メタルクラッドスイッチギヤーとして、

- (イ) 耐暴風雨、耐湿、高温その他の気象状況に耐える屋外構造たること。
- (ロ) 安全で高度の信頼度を有すること。
- (ハ) 堅牢にして、運搬、据付の容易なこと。
- (ニ) 小型にして、床面積の小なること。
- (ホ) 操作の軽便、確実なこと。
- (ヘ) 保守の容易なこと。
- (ト) 互換性を有すること。
- (チ) 美観を有すること。



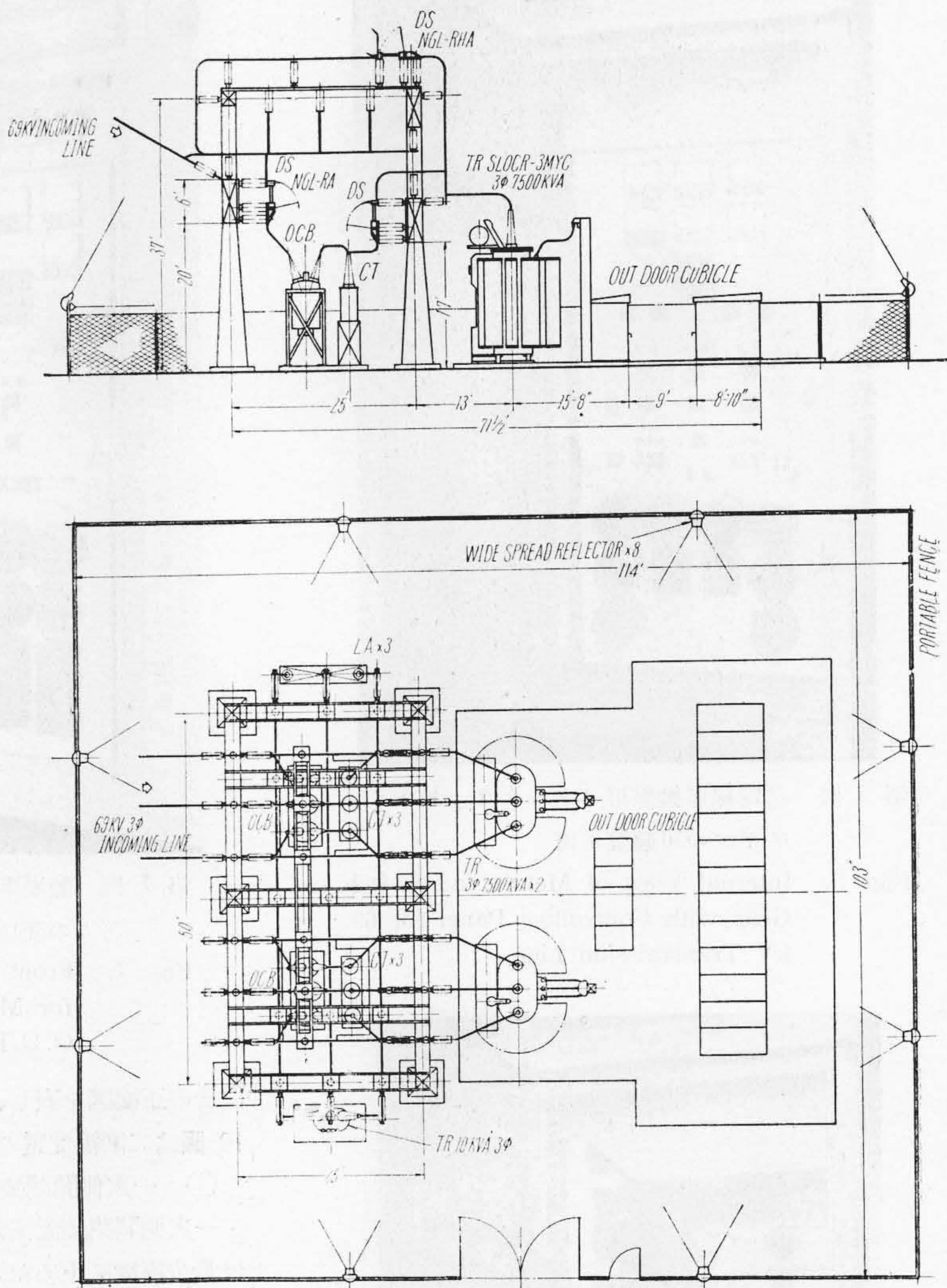
第 2 図 7,500 kVA 三相変圧器  
Fig. 2. 7,500 kVA 3-φ Transformer



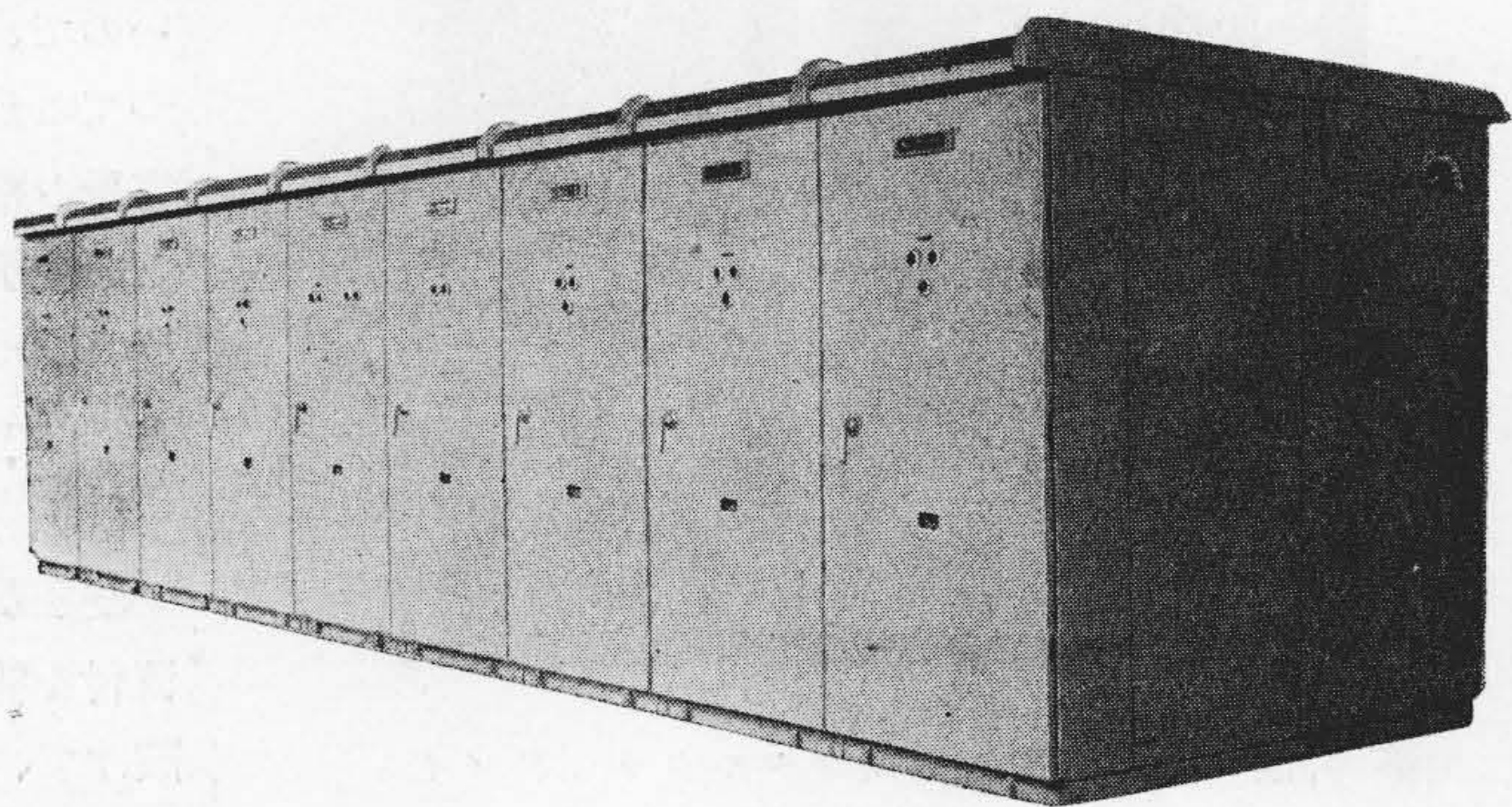
等の諸条件を満足せしめた。第4図はその外観を示す。本メタルクラッドの内部構造、その他の詳細については、本誌前号を参照されたい。ここにはその大要を述べることにする。主変圧器二次受電用配電用、母線連絡断路器並びに計器用変圧器用等、主回路部分13台を1群として纏め、主変圧器一次及び負荷時電圧調整装置制御用操作電源変圧器用、低圧電源制御用、遮断器引外し48V蓄電池並びにその充電器用等、補助器部分4台は別群に纏めて配置されている。無人変電所であるため、定期的巡視者の便を計つて、すべての故障表示を警報と共に行い、集合表示器によつて、故障点の発見を容易にしてある。且主変圧器の油温度の上昇、油面の低下、電圧調整装置タップ切換の渋滞時等には白色表示灯を、遮断器の故障遮断時に対しては橙色表示灯を、それぞれその制御用メタルクラッドスイッチギヤ扉上に点灯せしめて、その表示を明確にした。遮断器は電動操作とし、配電線用は自動再閉路方式として、通電サービスの向上が計られている。第5図は変圧器制御用の内部可動盤を示し第6図はその可動盤を開いて、内部配線部分を示す。第7図は変圧器二次用遮断器付の内部可動盤を示した写真である。内部配線にはすべて塩化ビニール絶縁の日立PVC線を使用して、その耐燃性により火防の備えとしてある。

【Ⅲ】 日立ユニットサブステーション一般仕様の概要

日立ユニットサブステーションは、そのユニット容量を750kVA、1,500kVA、3,000kVA、6,000kVAとし、受電電圧は10,000V内至70,000V、配電電圧は3,000V内至6,000Vとしている。第8図は一回線受電、放射状配電用、3,000kVAの単線接続図であつて、一例として示したものである。第9図

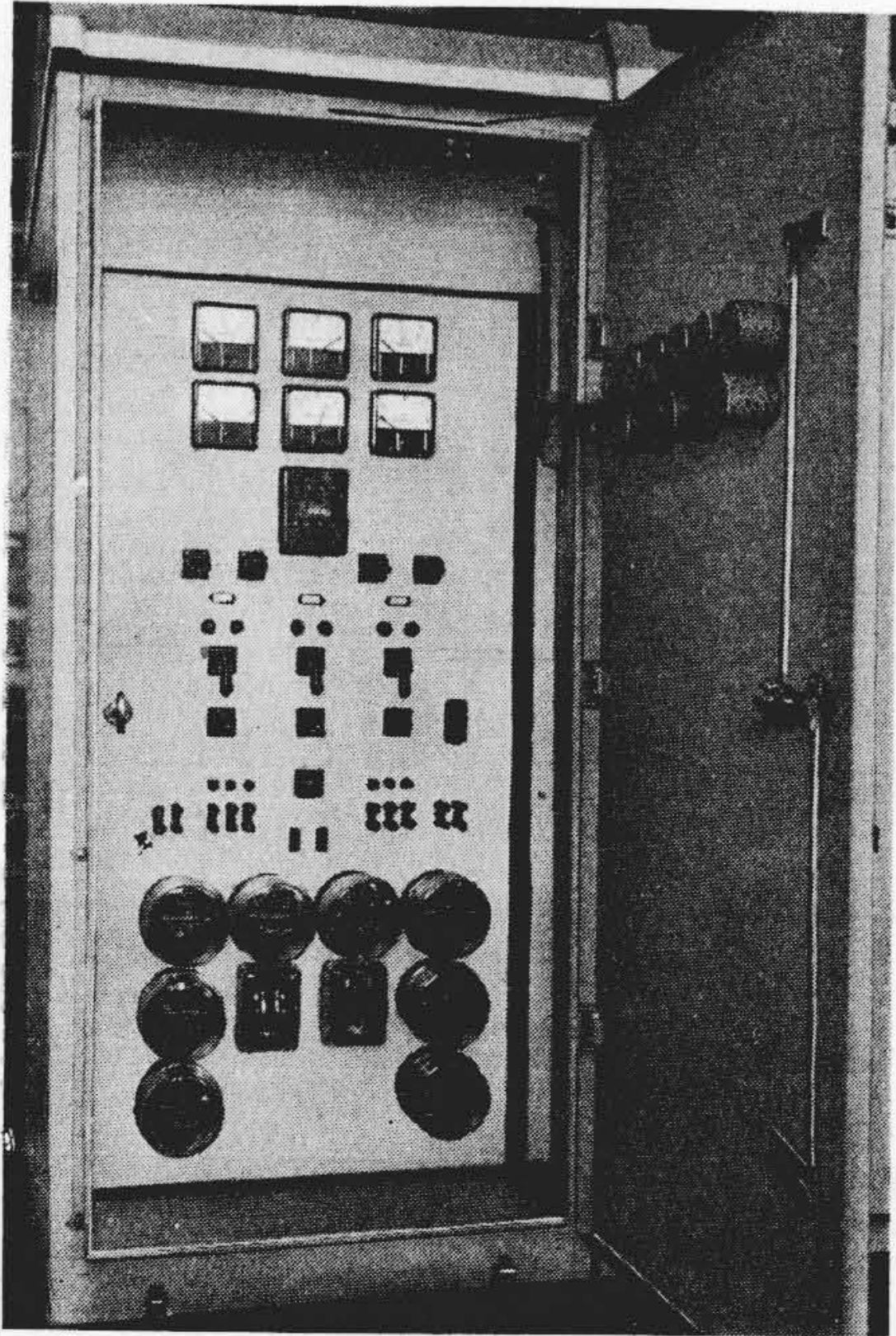


第3図 カデナ変電所全図  
Fig. 3. Plan and Side View of Kadena Substation



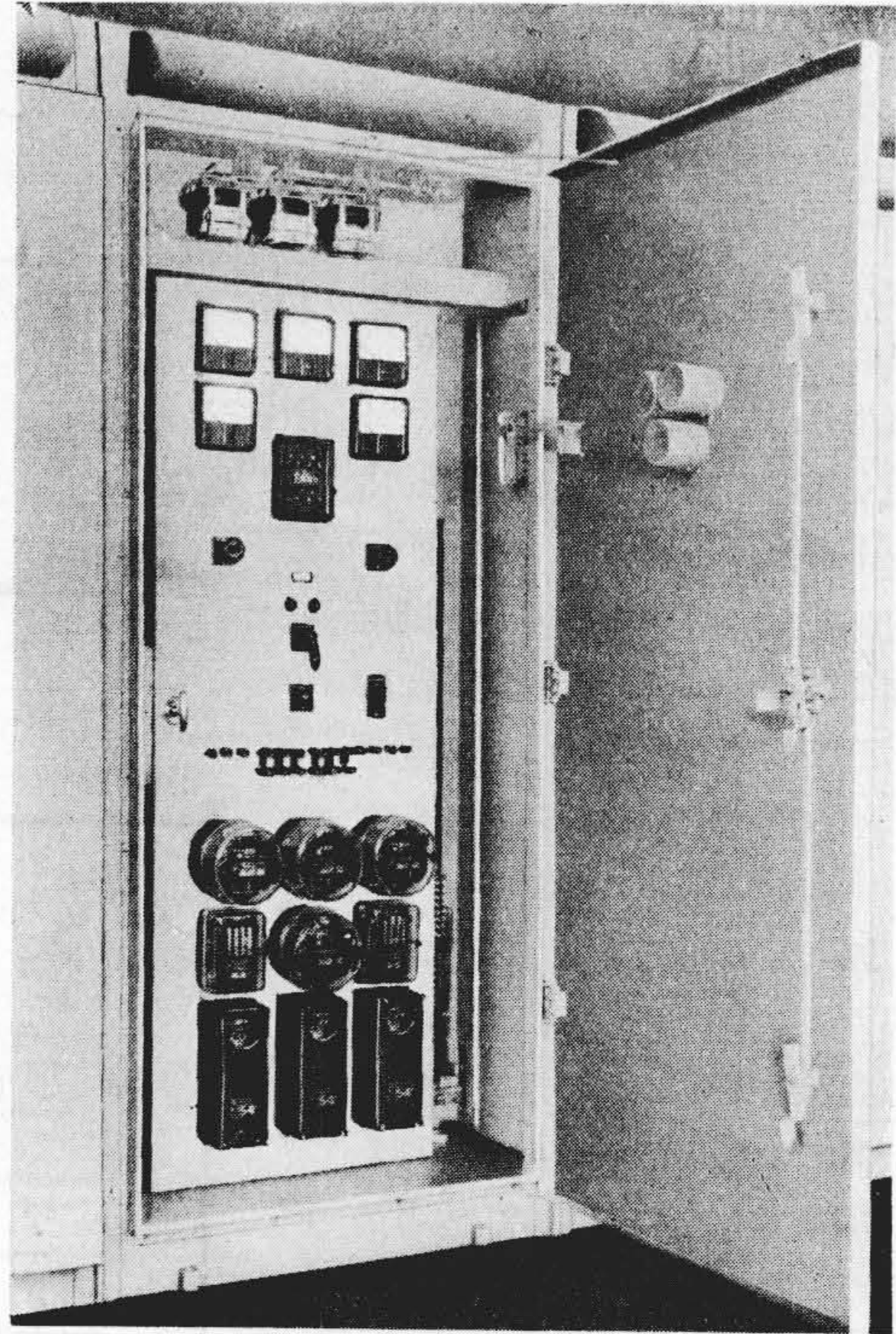
第4図 ユニットサブステーション用屋外メタルクラッドスイッチギヤの外観  
Fig. 4. Typical Outdoor Metal Clad Switch Gear for Unit Substation





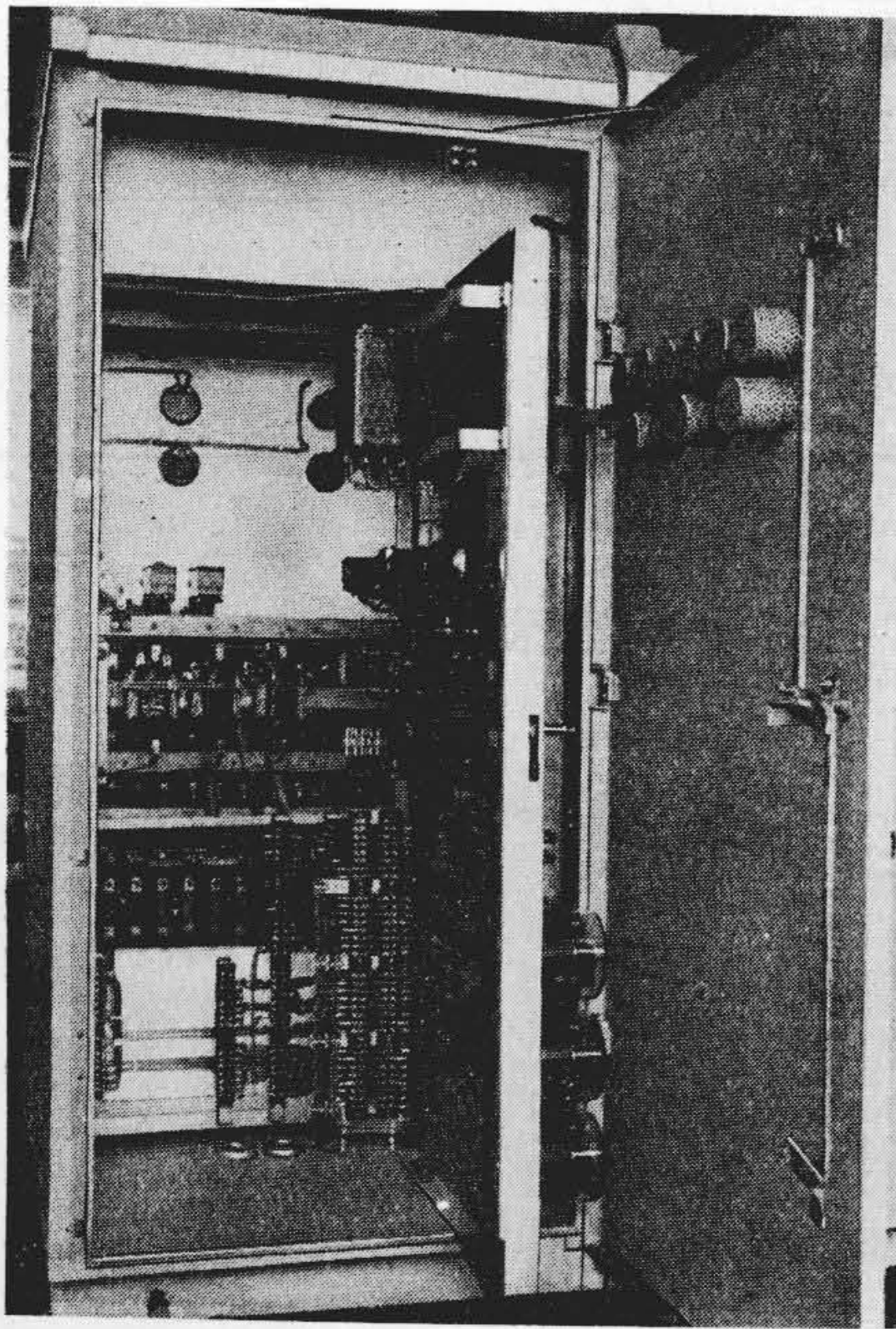
第 5 図 送電線制御盤用メタルクラッドスイッチギアの可動盤正面

Fig. 5. Internal View of Metal Clad Switch Gear with Controlling Panel for 69 kV Transmission Line



第 7 図 遮断器付メタルクラッドスイッチギア内の変圧器二次盤

Fig. 7. Front View of Transformer Secondary for Metal Clad Switch Gear with O. C. B.



第 6 図 送電線制御盤用メタルクラッドスイッチギアの裏面配線部分

Fig. 6. Rear Side View of Controlling Panel for 69 kV Transmission Line

はその正面図を表し、第 11 図は外形寸法図である。第 10 図は二回線受電の場合の例を示した正面図である。

(i) 一次側開閉装置

一次側開閉装置部分は第 8 図に示すように、設備器具は最少限度に止めた。遮断器の操作方式としては、操作電源変圧器を一次側に設置して、電動操作とすることが好ましい。然し電源変圧器の一次側設置が、経済的見地から、不利とされる場合には、本遮断器の操作頻度は少いので、手動操作式とすることも実用上支障はない。従つてこれら両方式が用意されている。引外し方式は、小容量の蓄電池を設けて、信頼度の高い独立直流によることを推奨する。但し保守上、蓄電池の設置を是非共避け度い向に対しては、変流器二次引外し方式も製作することになっている。

(ii) 変 圧 器

変圧器は三相、油入、自冷式とし、負荷時電圧調整装置付を標準としている。一次側は JEC 標準のタップを設けて、外部より手動操作される無負荷調比装置による調整を行う。二次側は負荷時電圧調整り、電圧方式により、自動的に電圧調整を行い、定格二次電圧に対し  $\pm 10\%$  の範囲を 2% おきに 11 タップを設ける。負荷



時電圧調整装置の自動操作方式、  
変圧器保護方式、及び警報方式に  
ついては、第 IV 項に述べる。

(iii) 二次側開閉装置

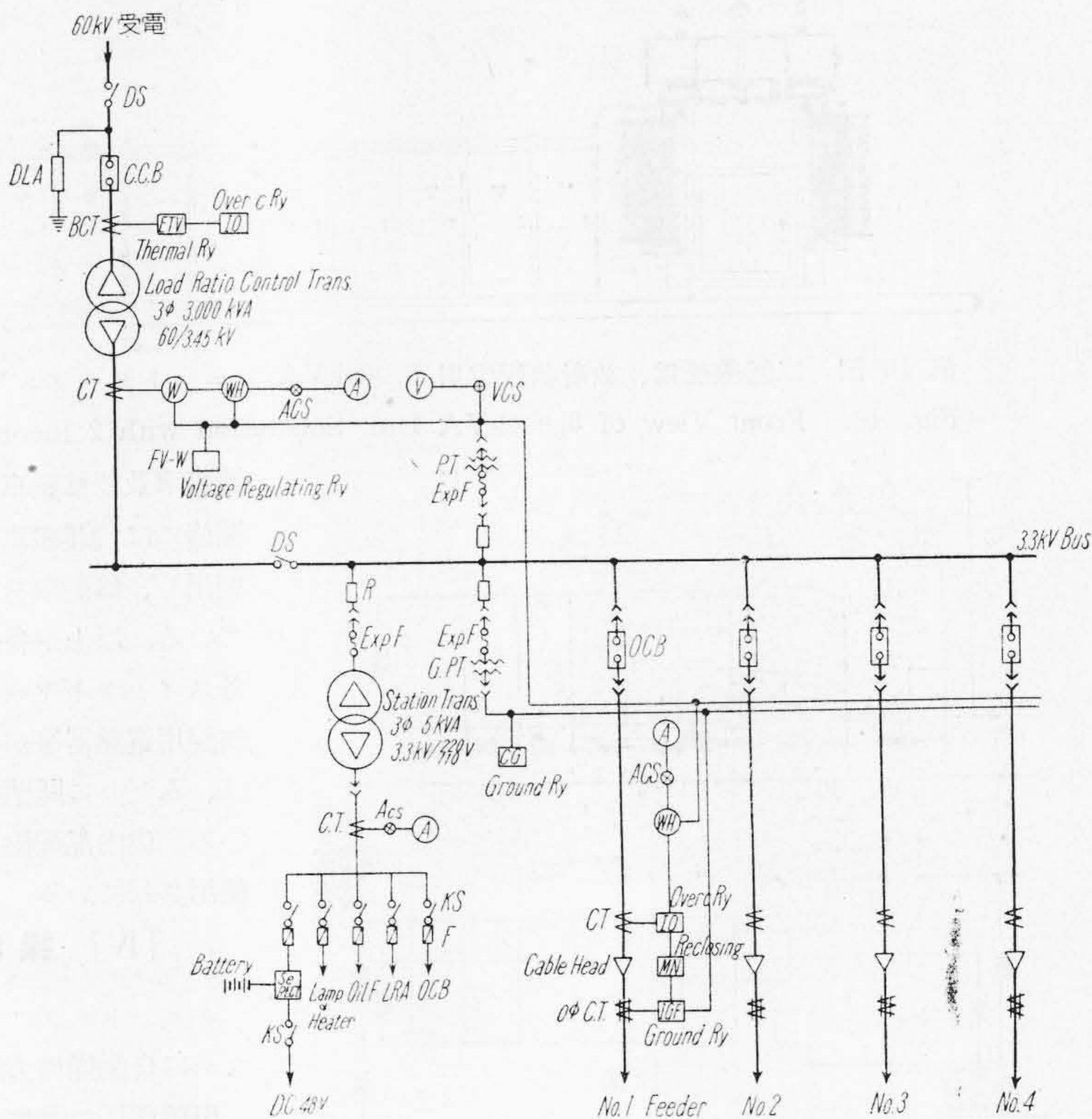
本開閉装置には、第 II 項で述  
べた諸特長を具備し屋外無人変電  
所用として好適な屋外用メタルク  
ラッドスイッチギヤが使用され  
ている。第 9 図、第 10 図に示す  
ように、変圧器二次母線は、変圧  
器側面より連絡函を介して、直接  
に引込む構造である。配電線の引  
出しは電纜引出しを標準とするが  
架空線用端子引出も可能である。  
本開閉装置の構成は、連絡函、補  
助機器用、配電用、母線連絡用、  
雑用等の各スイッチギヤに標準  
化され、いずれも工場に於て完全  
組立される。各スイッチギヤの内  
容の大略は下記の通りである。

(イ) 連絡函

主変圧器二次を、スイッチギヤ  
母線へ、直接引込むために設けら  
れ、絶縁母線と変流器を収納してい  
る。

(ロ) 補助機器用メタルクラッド  
スイッチギヤ

絶縁母線、母線断路器、計器用変  
圧器、接地変圧器、48V 引外し用蓄電池、蓄電池用充電  
器、変圧器制御盤、低圧電源制御盤等が、2 台の補助機  
器用スイッチギヤに分割収納されている。この他に、  
操作電源変圧器を二次側設置とする場合は、これも本ス

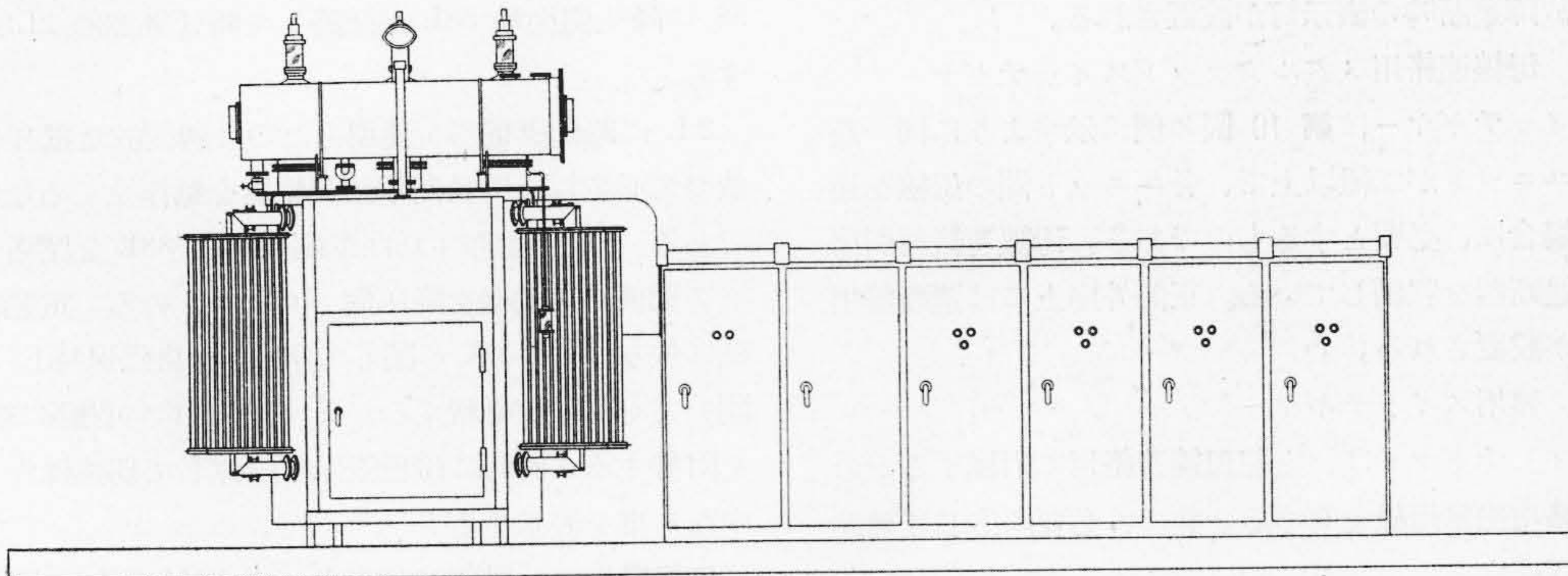


第 8 図 一回線受電、放射配電用 3,000kVA ユニットサブステーション  
単線接続図

Fig. 8. Skeleton Diagram of 3,000kVA Unit Substation with 1 Incom-  
ing & 4 Radial Feeders

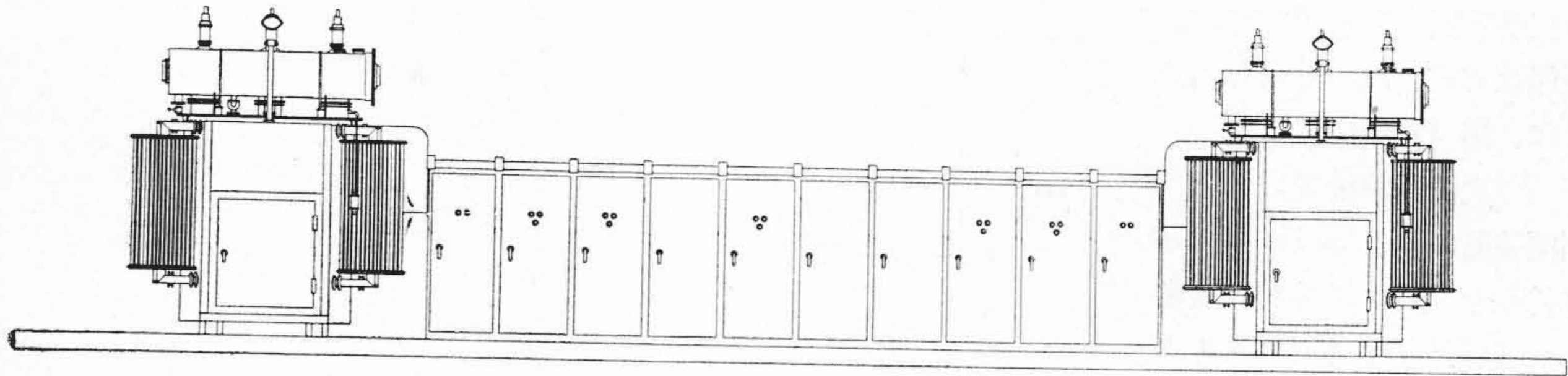
スイッチギヤに収められる。計器用変圧器及び接地変圧  
器は、その一次ヒューズと共に引出型構造となつてい  
る。前面外扉上には母線断路器用信号灯が設置される。

(ハ) 配電用メタルクラッドスイッチギヤ



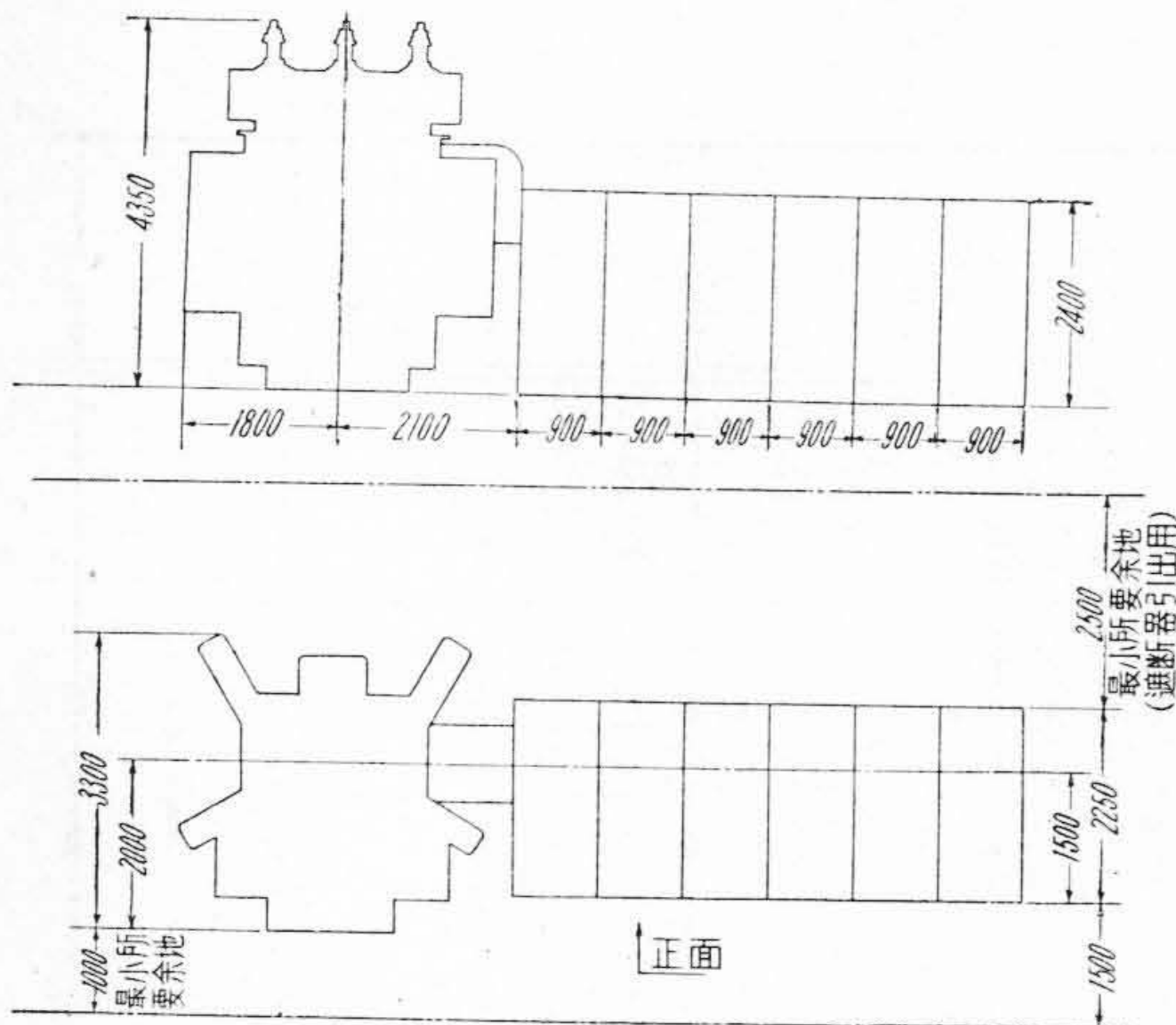
第 9 図 一回線受電、放射状四回線配電用 3,000kVA ユニットサブステーション正面図  
Fig. 9. Front View of 3,000kVA Unit Substation with 1 Incoming & 4 Radial Feeders





第 10 図 二回線受電、放射状配電用 6,000kVA ユニットサブステーション正面図

Fig. 10. Front View of 6,000kVA Unit Substation with 2 Incoming & 4 Radial Feeders



第 11 図 外形寸法図

Fig. 11. Out Side Dimension

絶縁母線、引出型油入遮断器、変流器、三相平衡変流器、可動制御盤等が収納されている。油入遮断器は交流 220 V 電動操作式とし、遮断容量は 80 MVA 或は 150 MVA を標準とするが、定格電流の関係上 250MVA のもの迄準備されている。本遮断器には自動再閉路方式を採用して、通電の不断が計られている。その自動操作方式は第 IV 項に述べる。正面外扉上には、遮断器用信号灯及び故障遮断時の表示灯が設置される。

(ニ) 母線連絡用メタルクラッドスイッチギヤ

本スイッチギヤは第 10 図の例に示すように同一変電所のユニットが二組以上で、各ユニット間の母線を連絡する場合に、必要とするものである。母線連絡用引出型油入遮断器を収納している。正面外扉上には遮断器用信号灯が設置される。

(ホ) 雑用スイッチギヤ

本スイッチギヤは、上記母線連絡用に附属するもので、連絡用絶縁母線を有すると共に、必要に応じて補助機器を収納する。

(へ) 附属品

全設備に対し共通に、油入遮断器用屋外型試験台が、

運搬車及び移動車と共に一組設置される。遮断器の点検補修には、運搬車によつて遮断器をスイッチギヤより引出し、移動車を使用して、試験台へ運べるようになっている。以上が各標準スイッチギヤの大略であるが、各スイッチギヤには、内部点検時の照明灯、通風装置防湿用電熱器等が具備されている。且前面及び背面の扉は、みだりに開閉出来ぬように、把手を鍵付構造としている。尚内部配線には、耐燃性の塩化ビニール絶縁線が使用されている。

[IV] 操作及び保護装置の概要

ユニットサブステーションは無人を建前とする。そのために自動操作方式を採用している。

母線電圧の調整は負荷時電圧調整装置付変圧器を自動電圧調整継電器によつて操作し、電圧を一定に調整するか、又は必要に応じて電圧降下補償器を併用し負荷に応じて母線電圧を調整する様にしている。

配電線の故障遮断に対しては再閉路継電器によつて反復 3 回に亘る自動再閉路を行い送電停止事故の減少を最大限迄計っている。次に操作並びに保護装置に対しその概要を説明する。

(i) 負荷時電圧調整装置付変圧器の操作方式

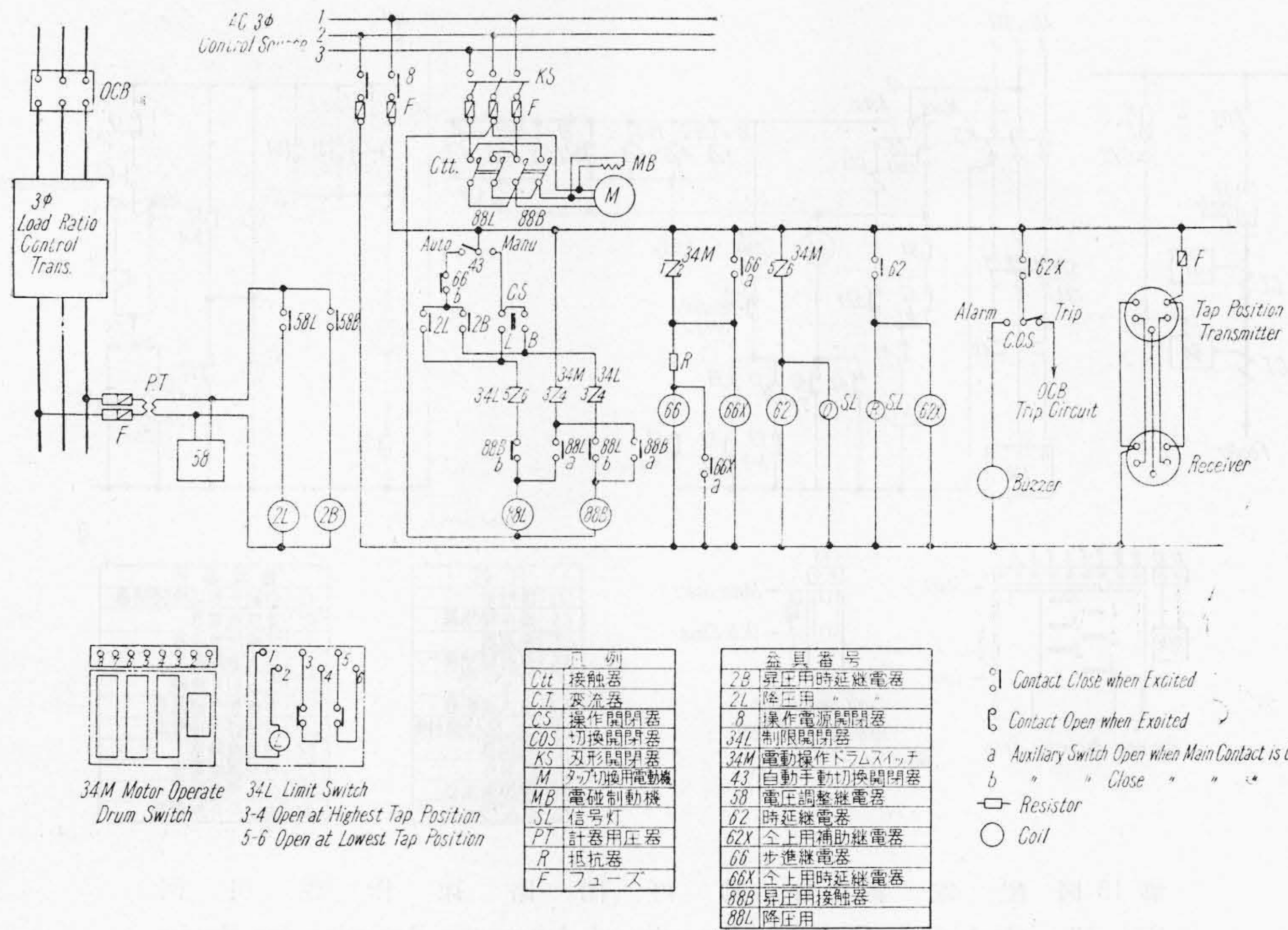
第 12 図は操作説明図である。最初に 43 の自動側を閉路しておく。回路電圧が上昇すれば電圧調整継電器 58 の降圧側接触 58L が閉路して時延継電器 2L を附勢する。

2L に時延継電器を使用したのは瞬間的な電圧変動に依つて必要以上に負荷電圧調整器を動作せしめないためである。2L が動作すれば電磁接触器 88L を閉路してタップ切換用電動機を降圧側へ回転せしめる。電動機の回転に依り 34M 3/4 が閉じて 88L を自己保持し 2L が開いても回転を継続する。又 34M 5/6 の閉路に依り 62 を附勢すると同時に橙色表示灯を点じて切換操作の進行中なる事を表示する。

切換操作の一段階が終了すれば 34M 3/4 が開き電動機を自動的に停止せしめる。

反対に回路電圧が降下した場合は 58B に依り 2B を





第 12 図 三相負荷電圧調整器操作説明図  
Fig. 12. Controlling Sequence Diagram of Three Phase Load Ratio Control Transformer

附勢し一定時限後 88B を閉路して昇圧操作を行う。切換に要する時間は大体 3 秒程度である。若し切換が長引いて一定時間を過ぎると 62 が動作して赤色表示灯を点じて表示すると同時に 62 X を附勢し警報するか又は一次側油入遮断器を遮断せしめる。66 歩進継電器と 66 X 時延継電器は之を組合せる事に依つて不必要に頻繁な切換操作を抑制する意味と操作機構の時間的異なるを補正する目的とを有するもので 66X は 10 秒に整定している。

(ii) 配電線再閉路方式

配電線の故障としては線間短絡と接地とが考えられる。これらの故障は一時故障が大半で再閉路により故障の 70~80% は回復し安全に送電を継続出来るのが実状である。依つて送電不断の実を挙げるため自動再閉路方式を適用した。第 13 図は操作説明図である。

最初に操作開閉器 CS に依り 52Y を附勢し油入遮断器 52 を投入する。次に自動手動切替開閉器 43 を自動側へ切替えておく。配電線が短絡故障の場合は 51, 接地故障の場合は 64 が夫々動作して 52 を自動遮断する 52 が遮断すると補助接触 52b-2 に依り再閉路継電器の駆動用電動機 79 M を起動せしめる。79 M の廻転によりドラム上の接点 79-1 4/5 接触し予備動作継電器 52X を附勢する。52X は自己保持される。

更にドラムは回転して 79-1 6/7 接触し 52 Y を附勢し 52 を自動投入する。52 が自動遮断後第 1 回再閉路迄の時間は 15 秒に整定している。第 1 回の再投入に成功すれば 79 2/1 及び 52 a-2 に依り 79 M は回転を続け起動位置に復して停止する。

第 1 回再閉路に失敗するときはその後 30 秒を経て同様の経過に依り第 2 回再閉路を行う。第 2 回再閉路に失敗すれば更に 75 秒の後に第 3 回目の再閉路を行う。

第 3 回目に尙も失敗すれば一応永久的故障と見做して 79 ドラムは閉鎖位置に停止し全装置を閉鎖する。同時に電鈴に依つて警報するか若しくは信号灯に依つて表示する。

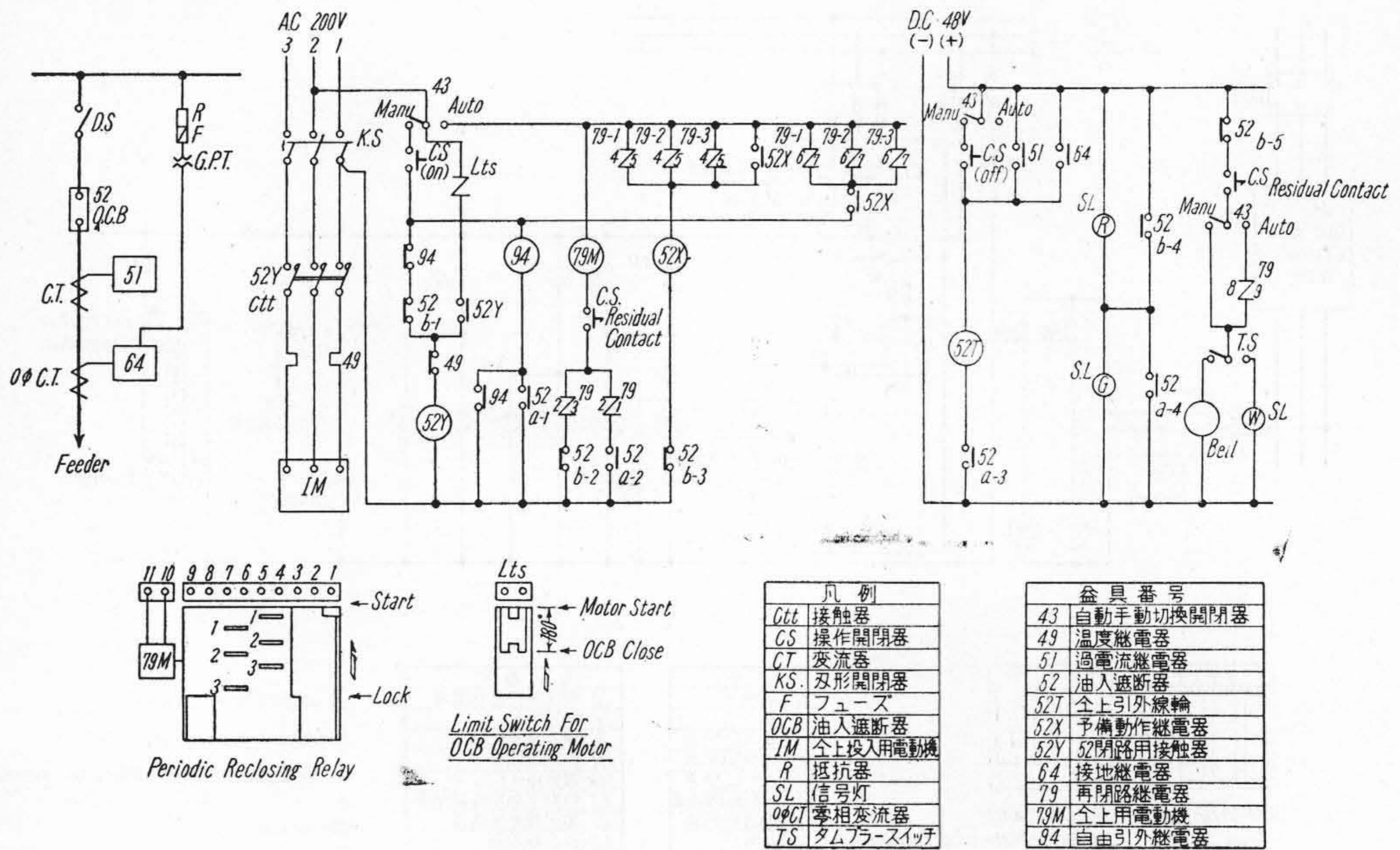
(iii) 保護装置の概要

(イ) 負荷時電圧調整装置付変圧器の保護

短絡故障に対しては IO 型過電流継電器、巻線の温度上昇に対しては VTO 型温度継電器、内部故障によりガスが発生したり又急激なガス発生により爆発的な油流が起つた場合はプッフホルツ継電器、タップ切替操作の渋滞に対しては 62 IM 型時延継電器が各々動作し一次側油入遮断器を遮断すると共にメタルクラッドスイッチギヤの前面外扉上の信号灯を点じて表示する。

タップの極限位置に於ては 34 L 制限開閉器により切





第 13 図 配電線自動再閉路操作説明図  
 Fig. 13. Controlling Sequence Diagram of Automatic Reclosing for Feeder

換操作を停止せしめる様になつている。

外部短絡に依り電圧が急降下した場合 FV-W 型電圧調整継電器は動作するが時延装置のために直ちにタップ切換操作は行わない。実際は限時以内で故障は選択除去される故外部短絡中にタップ切換操作を行う事はない。

又以上述べた如き故障に対しては操作盤上の GBR<sub>s</sub> 型集合表示器に表示せしめ点検に便ならしめている。

(ロ) 母線及び配電線の保護

母線には、絶縁母線を使用してあるので、その接地故障はないものと考えられるが、万全を期するために、CG 型接地電圧継電器と IM 型時延継電器によつて一定時限の後一次側油入遮断器を遮断せしめる。

配電線の過電流に対しては IO 型過電流継電器、接地故障に対しては IGF 型選択接地継電器が動作して油入遮断器を遮断する。之は前述した自動再閉路を行い停電を極力防止する様にしている。

(ハ) 故障表示及び警報

故障表示は無人変電所であるため前述の如く集合表示器又はメタルクラッドスイッチギヤ-外面扉上の信号灯

による表示を建前としている。然し点検その他必要な場合は切替える事に依り電鈴又はブザーを使用出来る様になつている。

散宿所その他が変電所の近くにある場合は連絡線を設置して警報する事も可能である。その場合 48V 蓄電池を電源として使用する。蓄電池はセレン整流器による浮動充電方式になつていて保守上の心配はない様に設計されている。

[V] 結 言

以上にて日立ユニットサブステーションの実例と、その一般仕様の概要を述べたが、ユニットサブステーションのもたらす効果は、前述のように顕著で、資材の節減建設費、維持費、人件費等、諸経費の軽減となるのみでなく、安全で信頼度の高い、近代的外観を有する無人変電所が得られる。これ等の諸点は、戦後日本の変電所設備に要望せられる処であつて、急速にユニットサブステーション化されるものと思われる。今後益々その改善につとめる考えである。