

インド・ヒンダスタン製鉄会社
ドルガプール特殊鋼製鋼所納メタルクラッド配電盤
Metal-clad Switchgears for Hindustan Steel Ltd., Alloy Steels Project, Durgapur, India

佐々木 生行*
Seigyô Sasaki

内 容 梗 概

インド・ヒンダスタン製鉄会社、ドルガプール特殊鋼製鋼所に納入したメタルクラッド配電盤は、製鋼所の設備容量が大で、使用電圧が 33 kV、6.6 kV、440 V および DC 250 V にわたっており、その設備環境から、高温、多湿、虫害を考慮した設計となっている。33 kV 空気遮断器をふくめ、遮断器はすべて引出形で、高度の信頼性と安全性を付与するために各種のインターロックをそなえている。
本稿では、その内容と構造について述べる。

1. 緒 言

ヒンダスタン製鉄会社ドルガプール特殊鋼製鋼所は、カルカッタの近くにあり、原料の溶解から圧延まで一貫作業で特殊鋼製品を生産する大規模な設備を有し、その生産能力は、全設備が完成すると年間鋼塊で 8 万トン、製品で 4 万 8 千トンになり世界有数のものである。したがって、この設備に必要な電力も大きく、大容量変電設備をそなえている。

電力は溶鋼地区には 33 kV および 6.6 kV で、また圧延地区には 6.6 kV で供給されている。主要機器には 6.5 kV、補機・クレーンなどには 440 V および DC 250 V が用いられる。この製鋼所の親変電所となる主受電変電所は一般の屋外構造であるが、変電および動力設備はすべて 33 kV、6.6 kV、440 V および DC 250 V 屋内用メタルクラッド配電盤が使用されている。

これらのメタルクラッド配電盤は、使用する特殊環境、取扱の便利さおよび高度の安全性のため、次の諸点が考慮されている。

- (1) 周囲温度 50℃ に適するよう温度上昇を低くすること
- (2) 相対湿度 100% で支障なく使用できること
- (3) 虫・小動物の侵入しない防虫構造であること
- (4) 遮断器をすべて油なしとするほか、屋内設置の変圧器およびリアクトルに不燃性絶縁油を用い、火災の危険性を無くしたこと
- (5) 電氣的インターロックのほか各種キーインターロックを設け誤操作防止をはかったこと
- (6) ケーブル接地装置を設け、作業者の安全を図ったこと

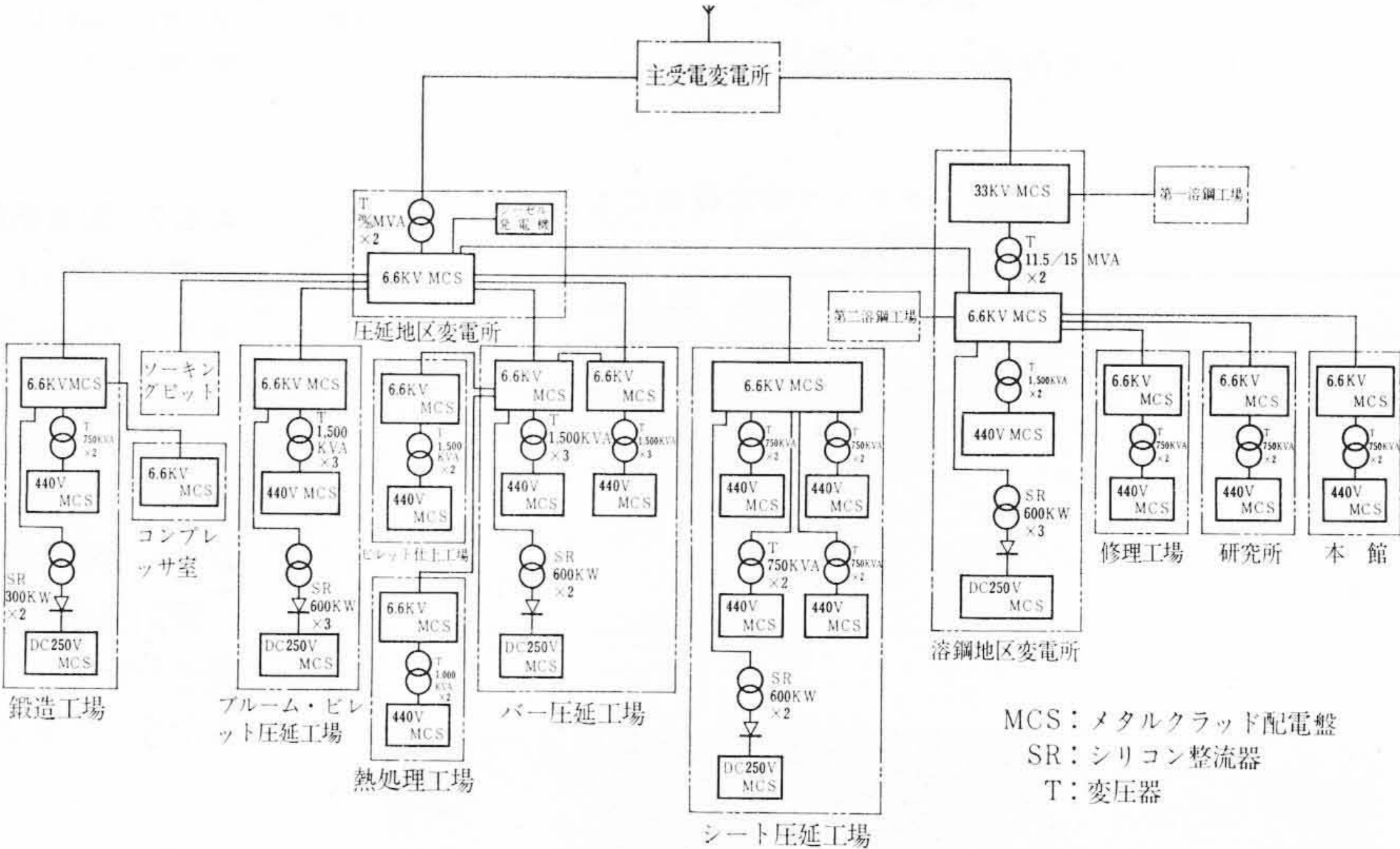
以下その内容構造について紹介する。

2. メタルクラッド配電盤の概要

2.1 変電設備の概要

第 1 図は変電設備の系統図である。主受電変電所は電力会社が製鋼所構内に設けた変電所から 33 kV 2 回線で受電し、これを溶鋼地区と圧延地区の両変電所に給電し、再び両変電所から各変電所に給電する。

* 日立製作所国分工場



第 1 図 変 電 設 備 系 統 図

第 1 表 メタルクラッド配電盤台数一覧表

変 電 所 名	33 kV メタルクラッド		6.6 kV メタルクラッド		440 V メタルクラッド		DC 250V メタルクラッド	
	ABB 用	補助用	MBB 用	補助用	ACB 用	補助用	HSC B 用	補助用
溶 鋼 地 区 変 電 所	8	5	16	2	16	11	15	6
本 館				2	10*	5		
研 究 所			2	2	12*	6		
修 理 工 場			2	2	10*	8		
圧 延 地 区 変 電 所			19	2				
鍛 造 工 場			15	2	11	10	5	4
コ ン プ レ ッ サ 室			6	3				
ブルーム・ピレット圧延工場			27	2	25	19	16	6
バー 圧 延 工 場			29	2	40	30	11	4
ピレット仕上工場			4	1	17	13		
熱 処 理 工 場			3	1	13	11		
シ ー ト 圧 延 工 場			20	8	46	38	12	4
合 計	8	5	143	29	200	151	59	24

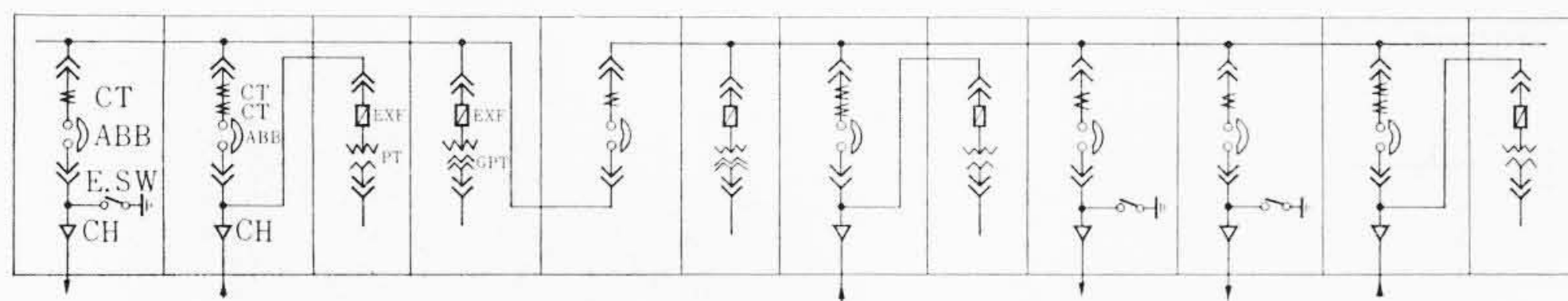
注：* 3 相 4 線式

2.2 メタルクラッド配電盤の構成

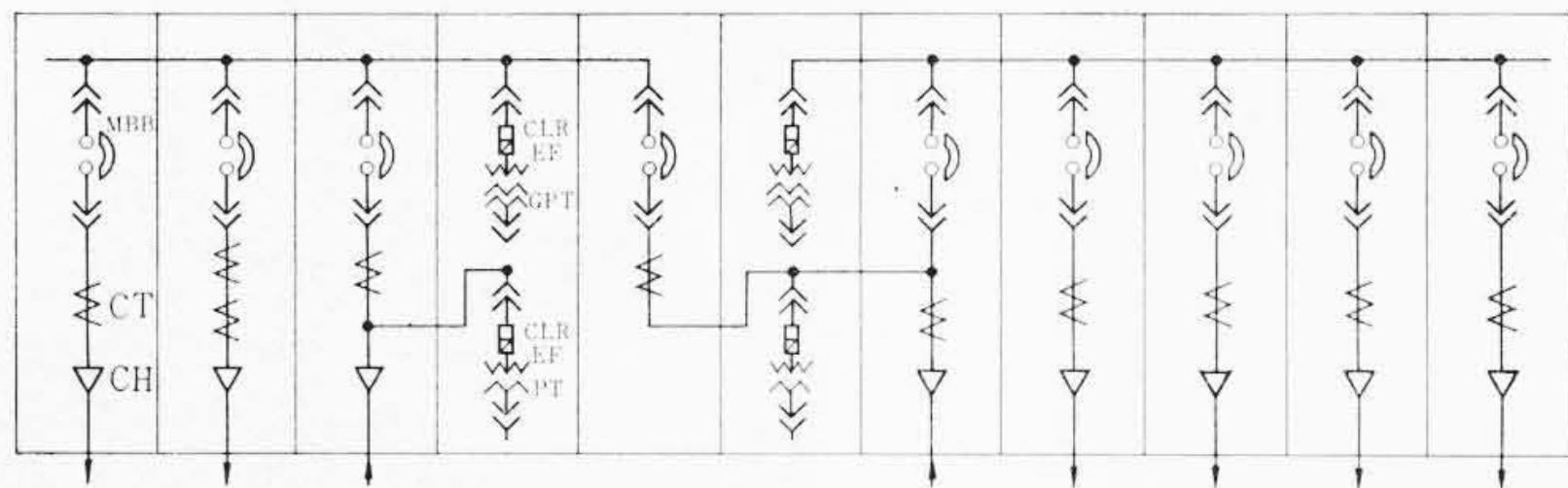
第 1 図はメタルクラッド配電盤を変電所ごとに示したものであるが、その構成台数は第 1 表のとおりである。溶鋼地区変電所のメタルクラッド配電盤の配列を単線接続図で示したのが第 2 図から第 5 図であり、ほかの変電所も同様である。

2.3 メタルクラッド配電盤の特殊仕様

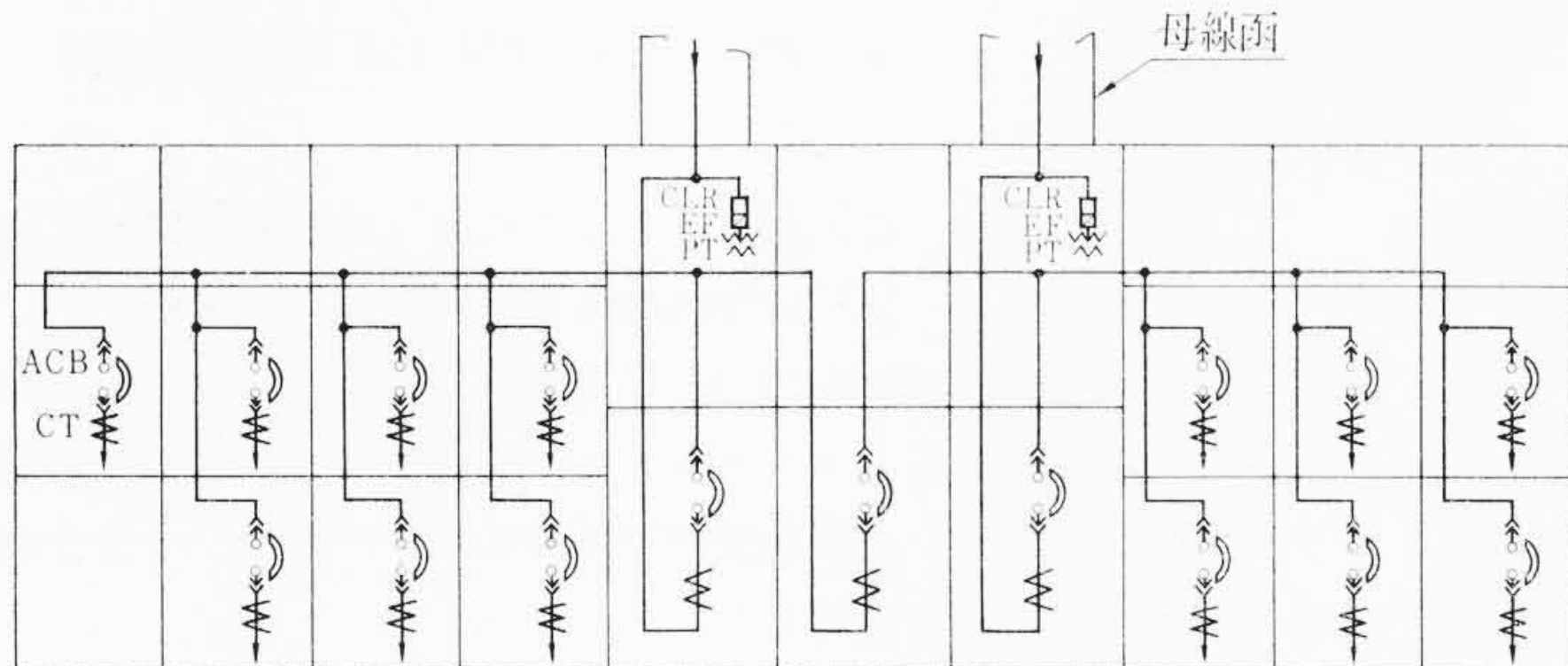
メタルクラッド配電盤の一般的な仕様については、すでに各種文献にて発表されているので説明を省き、今回考慮した特殊仕様について述べる。



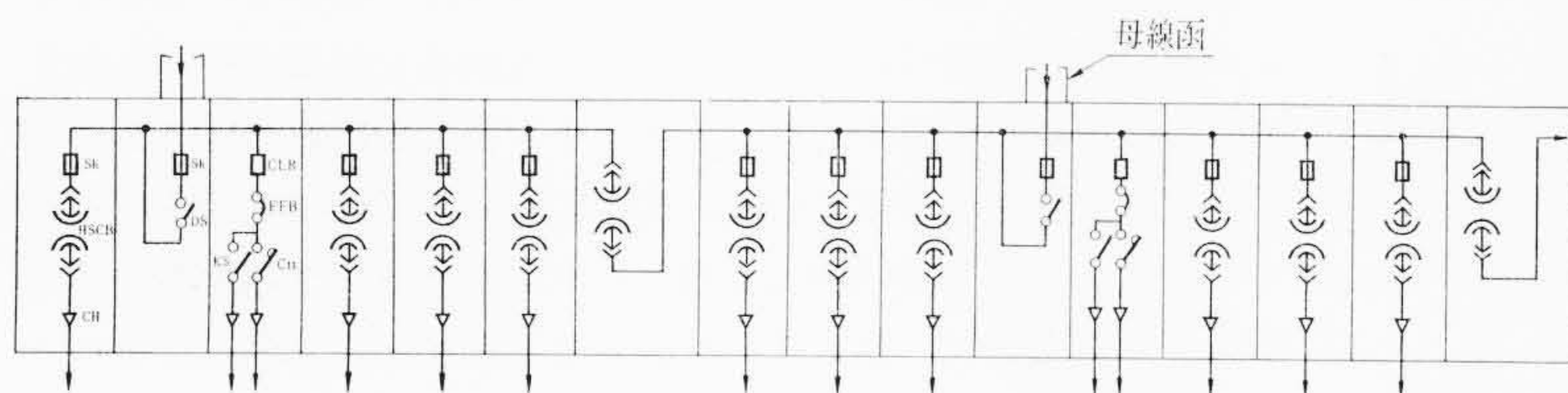
第2図 33 kV メタルクラッド配電盤単線接続図



第3図 6.6 kV メタルクラッド配電盤単線接続図



第4図 440V メタルクラッド配電盤単線接続図



第5図 DC 250V メタルクラッド配電盤単線接続図

2.3.1 適用規格

指示計器、積算電力計および配電盤の相順、相識別については、インド規格を適用し、遮断器類に対してはIEC規格を適用した。

インドには、日本の電気工作物規程に相当するインド電気規則 (INDIAN ELECTRICITY RULE) があり、これを満足するために考慮しなければならない点を示すと

- (1) 電圧の種別が異なり、低圧・中圧・高圧・特別高圧に区別され、中圧・高圧・特別高圧設備は周囲の余地寸法が指定されるとともに、英語のほか土国語のヒンディ語、ベンガル語の注意標識を付ける。

- (2) 低圧および中圧機器は2点で接地する。
などである。

2.3.2 周囲温度

インド国内でも地域により異なるが、一般に気温が高く、ドルガプールの場合、屋内用メタルクラッド配電盤の設計の基準とした最高周囲温度は50℃である。これはJEC、JEM また外国規格で規定されている標準状態の最高周囲温度40℃より10℃高いので、電流定格決定にあたって考慮する必要がある。

2.3.3 湿度

雨期には相対湿度が100%になることがあり、温度および湿度が高いと、絶縁低下とさびの発生が起りやすい。このため高圧

メタルクラッド配電盤には除湿用ヒータを取付け絶縁低下を防止するとともに、さびの発生に対しては、素材の選定、表面処理方法、特に塗料の種類と塗装方法を考慮した。

また海上輸送中および現地据付までの保管期間中に塗装、メッキが損傷するのを防ぐため、荷造方法には特別の考慮をはらった。

2.3.4 防虫

虫、小動物が多く、メタルクラッド配電盤内に侵入して事故を起こす恐れがあり、特にとがげに注意しなければならない。このため、メタルクラッド配電盤は、虫、小動物が侵入する開口部分を無くす構造にした。たとえば制御ケーブルおよび電力ケーブル引込口はケーブル敷設後完全にふさぎ、また換気口には、目の細かい打抜鋼板を併用して、虫の侵入を防いだ。

2.3.5 火災

可燃物を使用することは火災の危険性があるため、油なし遮断器を使用した。すなわち33kVには空気遮断器、6.6kVには磁気遮断器、440Vには気中遮断器、DC 250Vには高速度気中遮断器を用いた。また屋内設置の変圧器、リアクトルなどには不燃性絶縁油を使用した。

2.3.6 キーインターロック

誤操作の防止および運転者の安全を確保するために、従来から多く使用されている電氣的インターロックのほかに、新たにキーインターロックを設けた。電氣的インターロックに比べると、キーインターロックはキーを持ち運ぶわずらわしさはあるが、インターロックする機器間に制御線を引く必要がなく、停電の影響を受けないなど利点がある。今回はそれぞれの特長を生かして使い分けた。

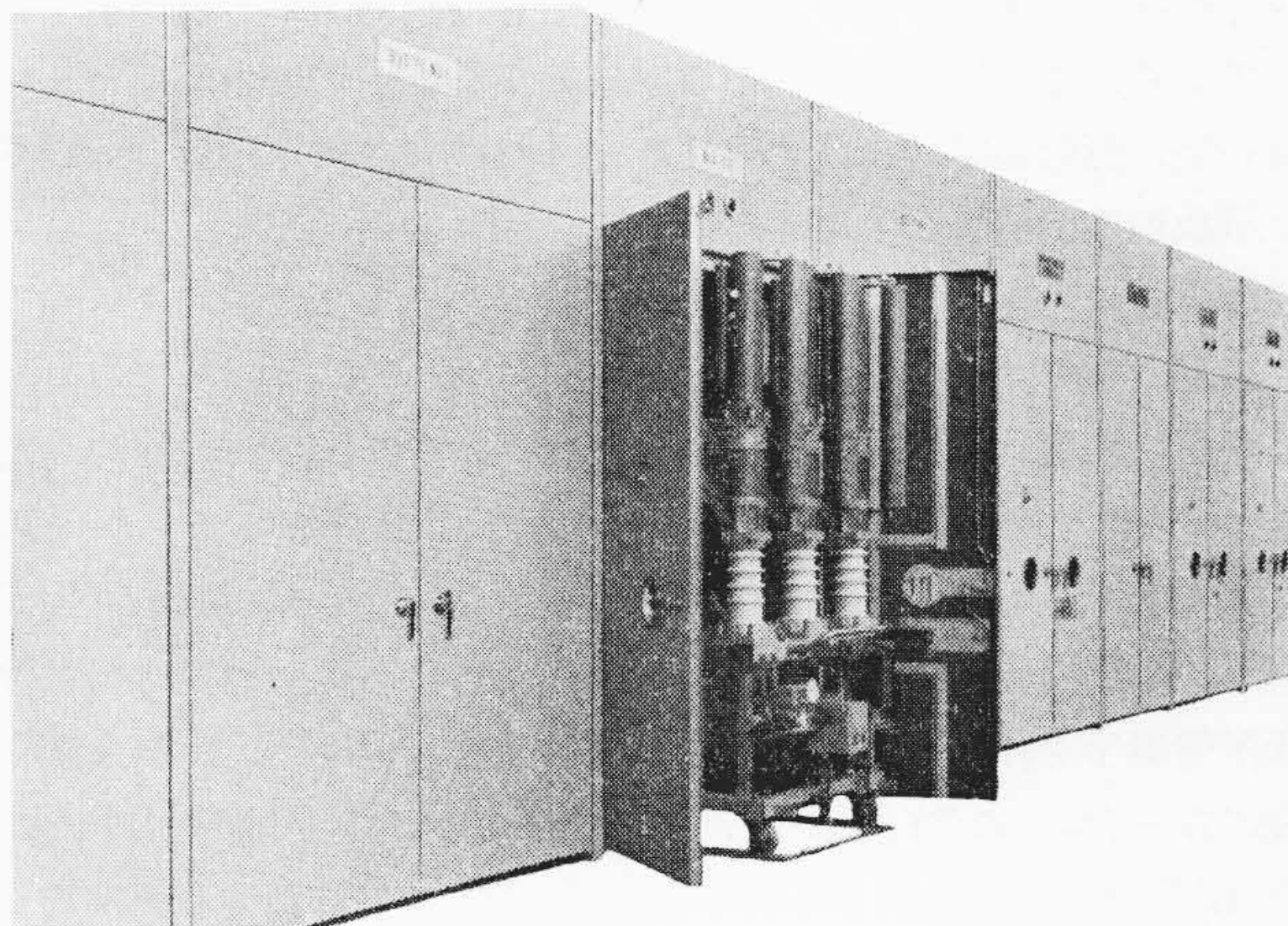
2.3.7 ケーブル接地装置

電力ケーブルの保守、点検、修理の際、作業者を感電事故から守るため、33kVおよび6.6kVメタルクラッド配電盤にケーブル接地装置を設けた。

3. 33 kV メタルクラッド配電盤

33 kV メタルクラッド配電盤の使用場所と台数は第1表に示すとおりであり、その外観は第6図に示すとおりである。

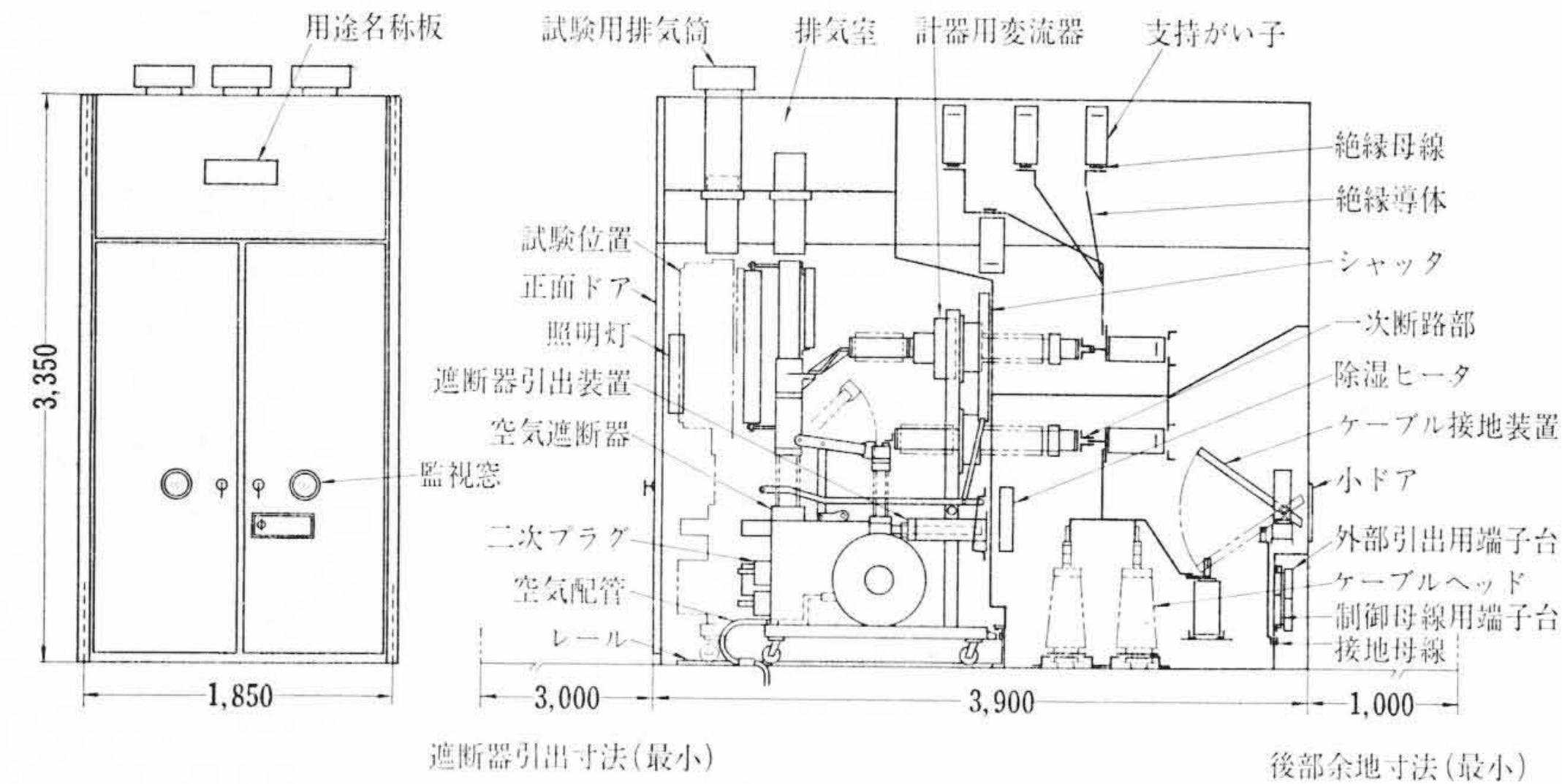
次にその定格と構造について述べる。



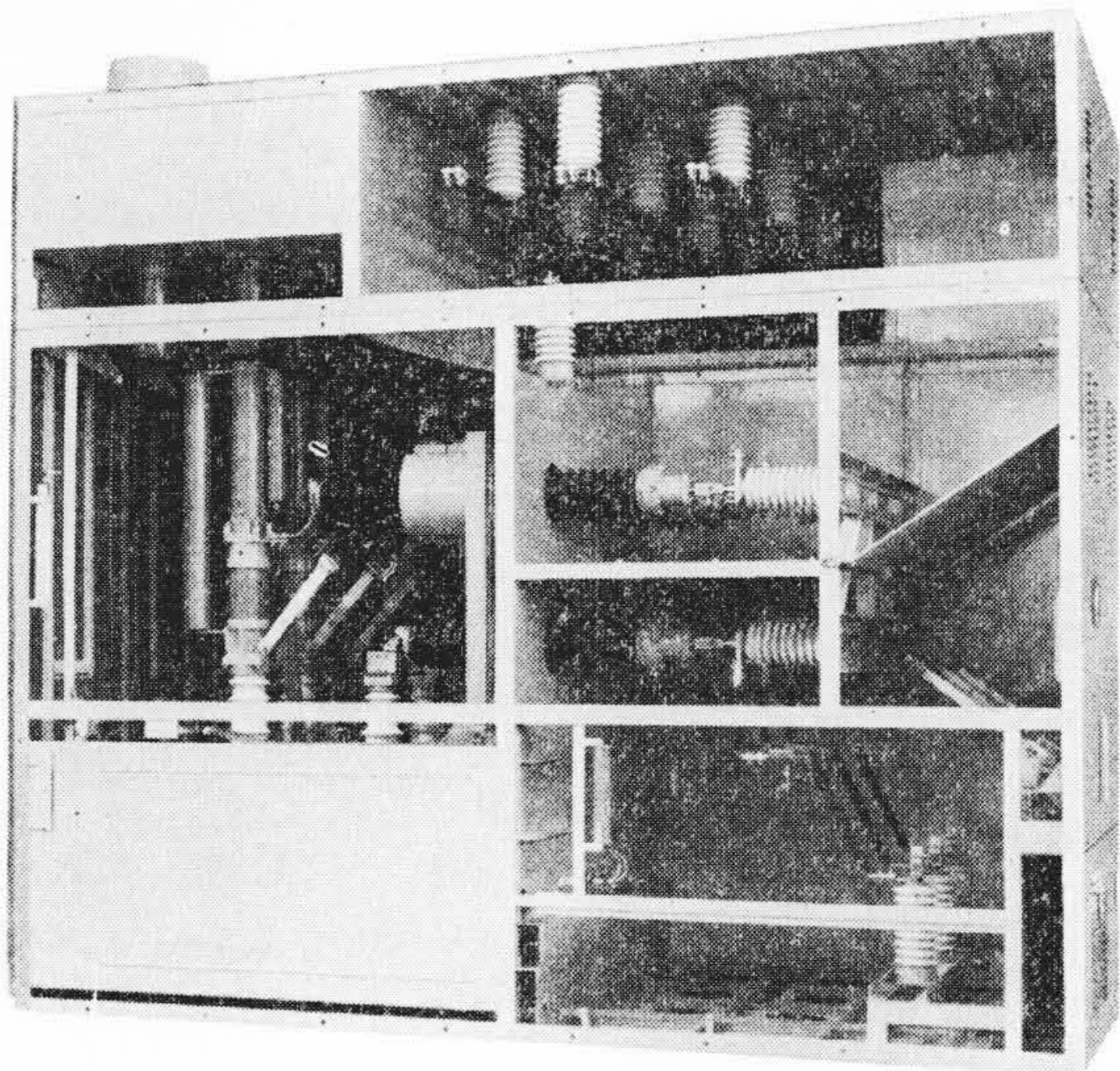
第6図 33 kV メタルクラッド配電盤

第2表 33kV メタルクラッド配電盤の定格

メタルクラッド配電盤				空気遮断器			
形 式	定格電圧	定格電流	母線電流	形 式	定格電圧	定格電流	定格遮断容量
HS150-PA	33kV	1,000A	1,000A	PBM-150-PA	33kV	1,000A	1,500 MVA



第7図 33kV HS 150形メタルクラッド配電盤構造図



第8図 33kV メタルクラッド配電盤の内部

3.1 定 格

33kV メタルクラッド配電盤および33kV 空気遮断器の定格は第2表に示すとおりである。

3.2 構 造

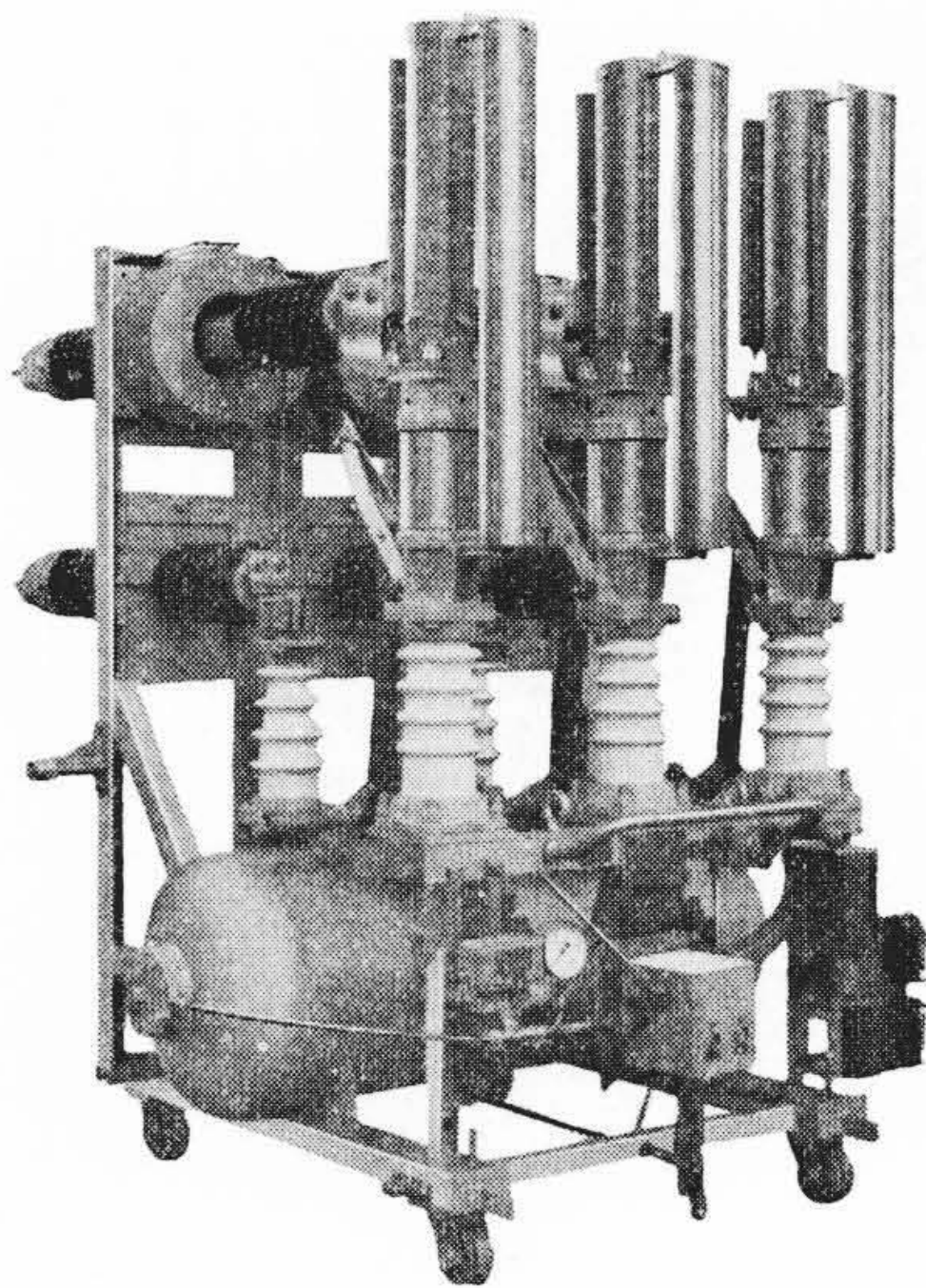
代表的なき電線用メタルクラッド配電盤の構造は第7図に示すとおりであり、第8図は側面内部の写真である。

母線室、遮断器室およびケーブル室はおのおの接地鋼板で区画され、事故の拡大防止が考慮されている。

設計上特に考慮した点を次に述べる。

3.2.1 空気遮断器

空気遮断器は第9図に示すように台車の上に、遮断器本体、断路部、ブッシング、変流器が装着された水平引出構造になっている。従来空気遮断器は高圧空気配管を有するため配管の着脱に問題があり、引出構造にすることが容易でなかった。今回着脱容易な高圧配管継手を開発し、これにより大容量空気遮断器の引出しが可能になった。この高圧配管継手は遮断器タンク側に逆止弁があり、配管の元せんを閉じて継手ははずせば、タンク内の空気は逆止弁によりそのまま保持され、継手をそう入すれば爪により自動的



第9図 33kV PBM-150形空気遮断器

に固着されるようになっている。33kV 1,500 MVA 空気遮断器はすでに多数製作され、外国にも約80台近く輸出しており、その性能については十分検証済であるが、今回特にメタルクラッド配電盤として完全装備の状態での遮断試験を日立大容量短絡実験所において行ない十分仕様を満足していることを確認した。

3.2.2 遮断器引出装置

遮断器の引出装置は軽快に操作できる手動のスクリー式機構を備えており、遮断器が開路している場合だけ操作できるようインターロック装置が設けてある。また遮断器を外部に引出したとき、断路部の充電部が、シャッタにより自動的に遮へいされるなどの安全装置をそなえている。遮断器の引出操作は正面ドアを開くことなく、小窓を利用して行なわれ、正面ドアは遮断器が断路位置まで引出され、無電圧の状態になってからのみ開くことができるように、またドアが開いているときには遮断器を運転位置に押込むことができないようにキーインターロックされている。

キーは常時は遮断器の引出装置についていて、引出装置の操作は可能であるが、正面ドアは鎖錠されていて開くことができない。正面ドアを開くには遮断器を断路位置に引出し、引出装置からキーを抜き、そのキーで正面ドアの鎖錠を解除する。正面ドアを開くと、キーはドアから抜けず、ドアを閉るまで遮断器を運転位置に押込むことはできないようになっている。

3.2.3 母 線

母線は合成樹脂製の自己融着性絶縁テープで使用電圧に耐えるよう完全絶縁され、がい子により支持されているから電氣的にも、機械的にも高度の安定性をそなえている。

3.2.4 ケーブル接地装置

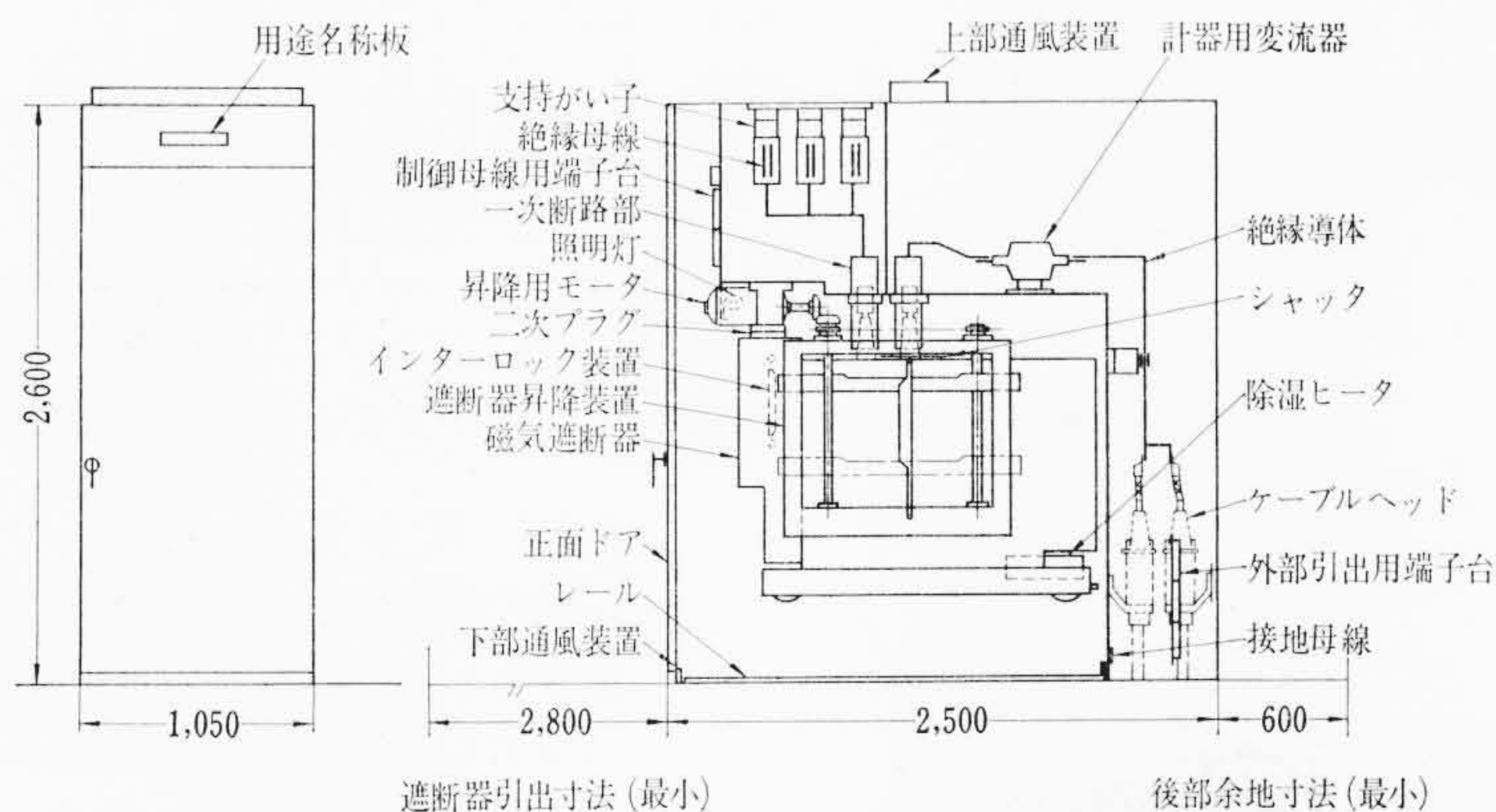
ケーブル接地装置はメタルクラッド配電盤の後方下部にあり、裏面より手動ハンドルで操作し、ケーブルヘッド部分を接地する構造である。ケーブルが充電された状態で接地するのを防ぐため遮断器を断路位置に引出さなければ接地装置を閉路できず、また接地装置を閉路しているときは、遮断器を運転位置に押込めないよう、接地装置と遮断器引出装置にキーインターロックが施されている。

4. 6.6kV メタルクラッド配電盤

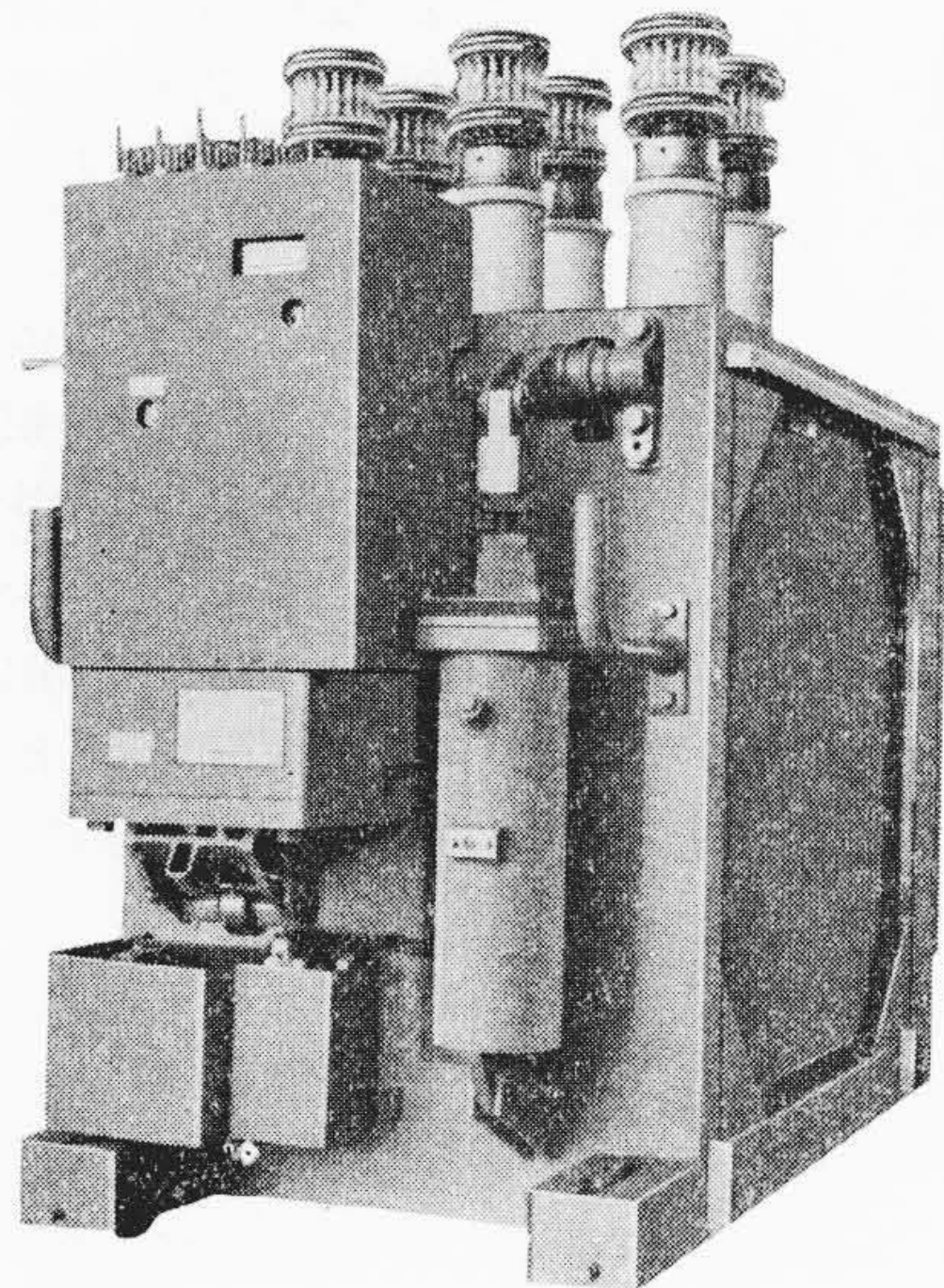
6.6kV メタルクラッド配電盤の使用場所と台数は第1表に示すとおりである。

第3表 6.6 kV メタルクラッド配電盤の定格

メタルクラッド配電盤				磁気遮断器			
形 式	定格電圧	定格電流	母線電流	形 式	定格電圧	定格電流	定格遮断容量
VS50M-MA	6.6 kV	600~2,500A	1,000~2,500A	BMM-50-MA	6.6 kV	1,000~2,500A	500 MVA
VS25M-MA	6.6 kV	600~1,000A	600~1,000A	BMM-25B-MA	6.6 kV	600~1,000A	250 MVA



第10図 6.6 kV VS50M 形メタルクラッド配電盤構造図



第12図 6.6 kV BMM-50 形磁気遮断器

以下その定格と構造について述べる。

4.1 定 格

6.6 kV メタルクラッド配電盤および6.6 kV 磁気遮断器の定格は、第3表に示すとおりである。変電所の容量が大なるため、き電線の短絡容量も500 MVAに及んでいる。しかし全部に500 MVAの遮断器を使用することは不経済なので、途中リアクトルをそう入して短絡容量を軽減し、地区によっては250 MVAの遮断器を使用している。

4.2 構 造

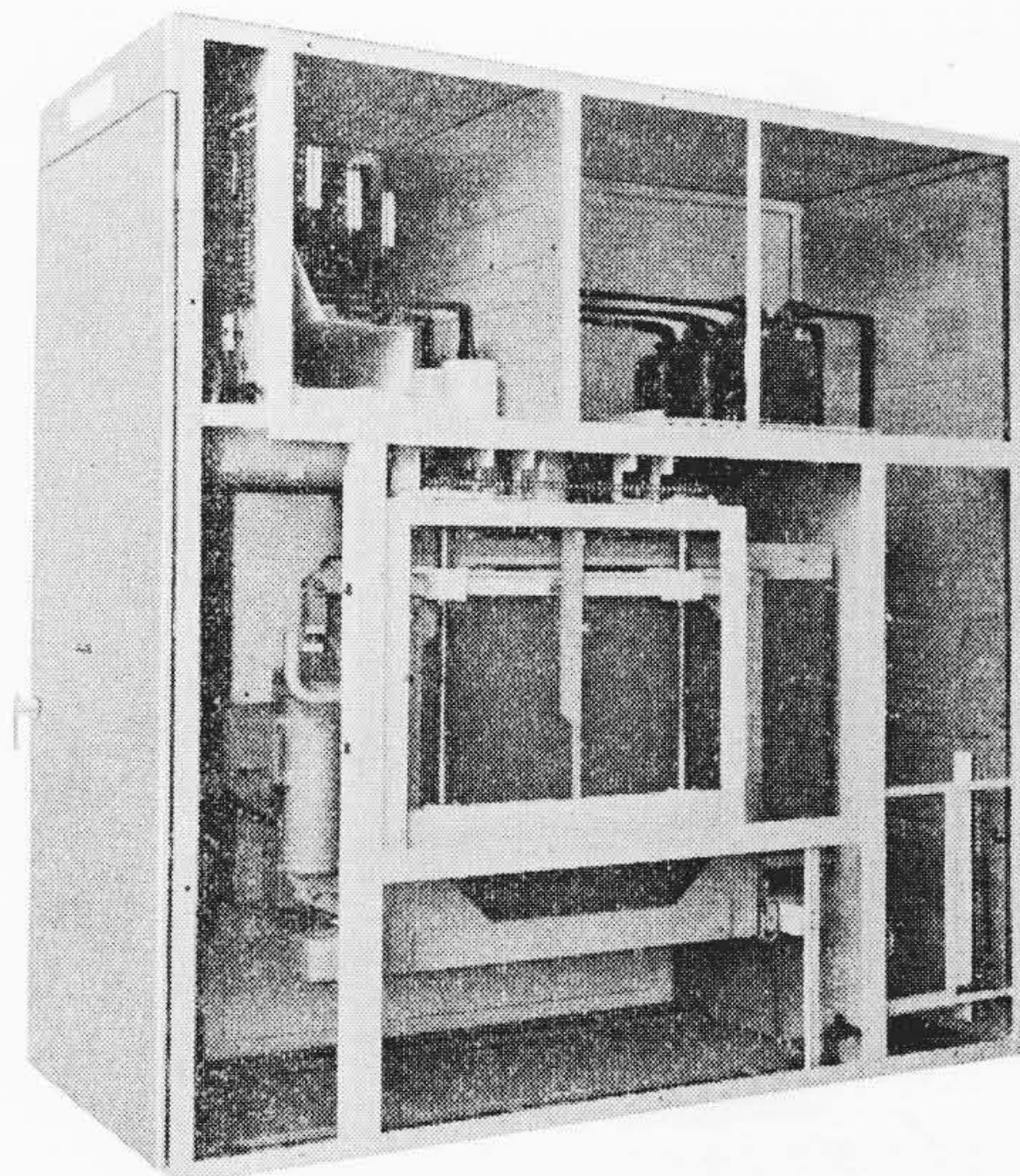
代表的なき電線用メタルクラッド配電盤の構造は第10図に示すとおりであり、第11図はその側面内部である。

母線室、遮断器室およびケーブル室は、33 kV メタルクラッド配電盤と同様、接地鋼板で区画されている。

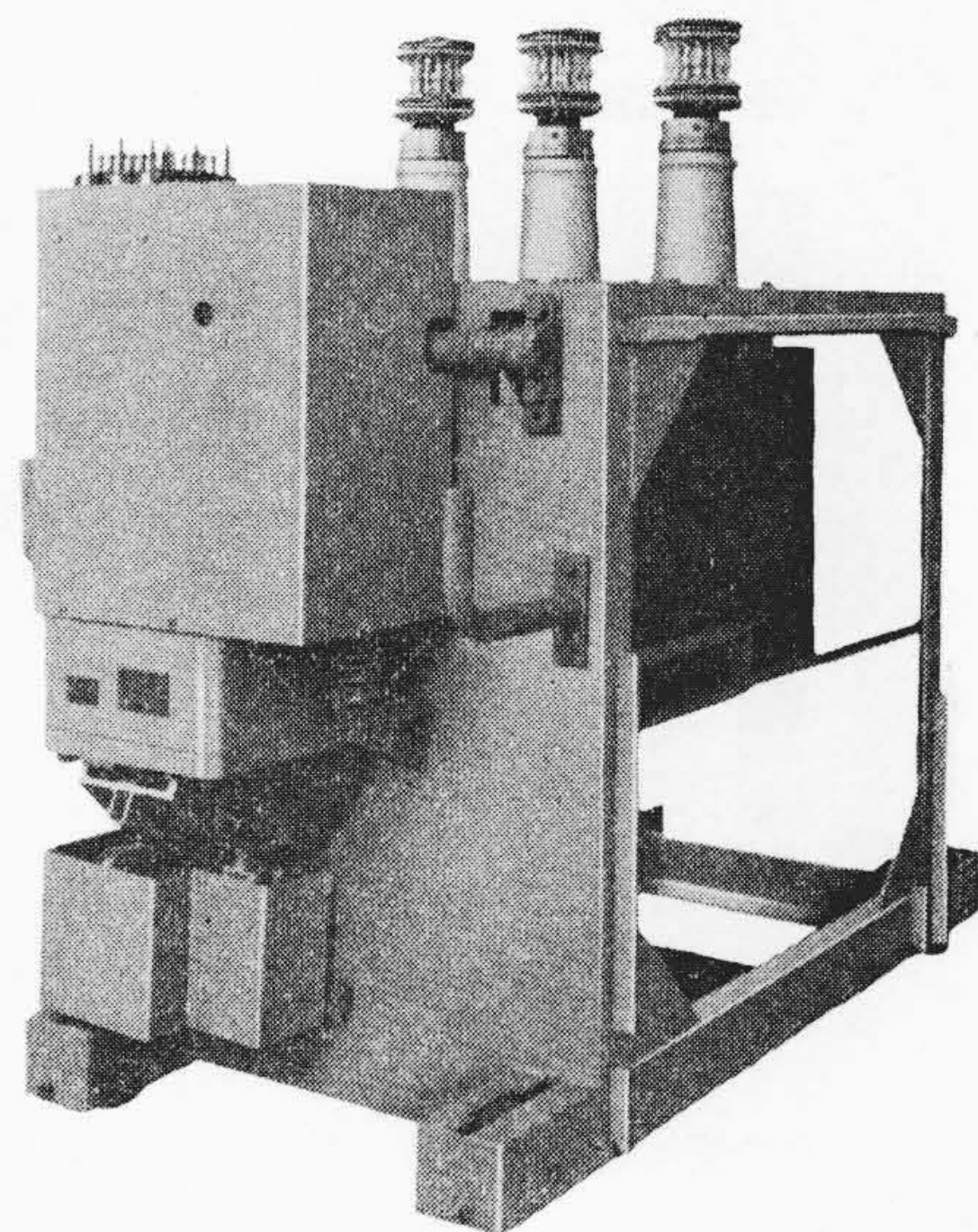
4.2.1 磁 気 遮 断 器

磁気遮断器は主回路に流れる電流によって励磁される磁気吹消線輪とアークシュートの作用によって遮断する高圧大容量気中遮断器で、第12図はBMM-50形磁気遮断器の外観である。

ブッシング上端にチュアリップ形接触部をもち、電動式昇降装



第11図 6.6 kV メタルクラッド配電盤の内部



第14図 6.6 kV 引出形ケーブル接地装置

置によって昇降される。この断路部は遮断器閉路の状態を開閉することのないよう機械的インターロックが施してあり、また安全のため自動シャッターが設けてある。

遮断器の操作回路は遮断器の昇降により自動的に開閉するプラグ式で、遮断器断路位置での電氣的操作試験およびシーケンステストはコントロールジャンパで接続して簡単に行なわれるようになっている。

4.2.2 母 線

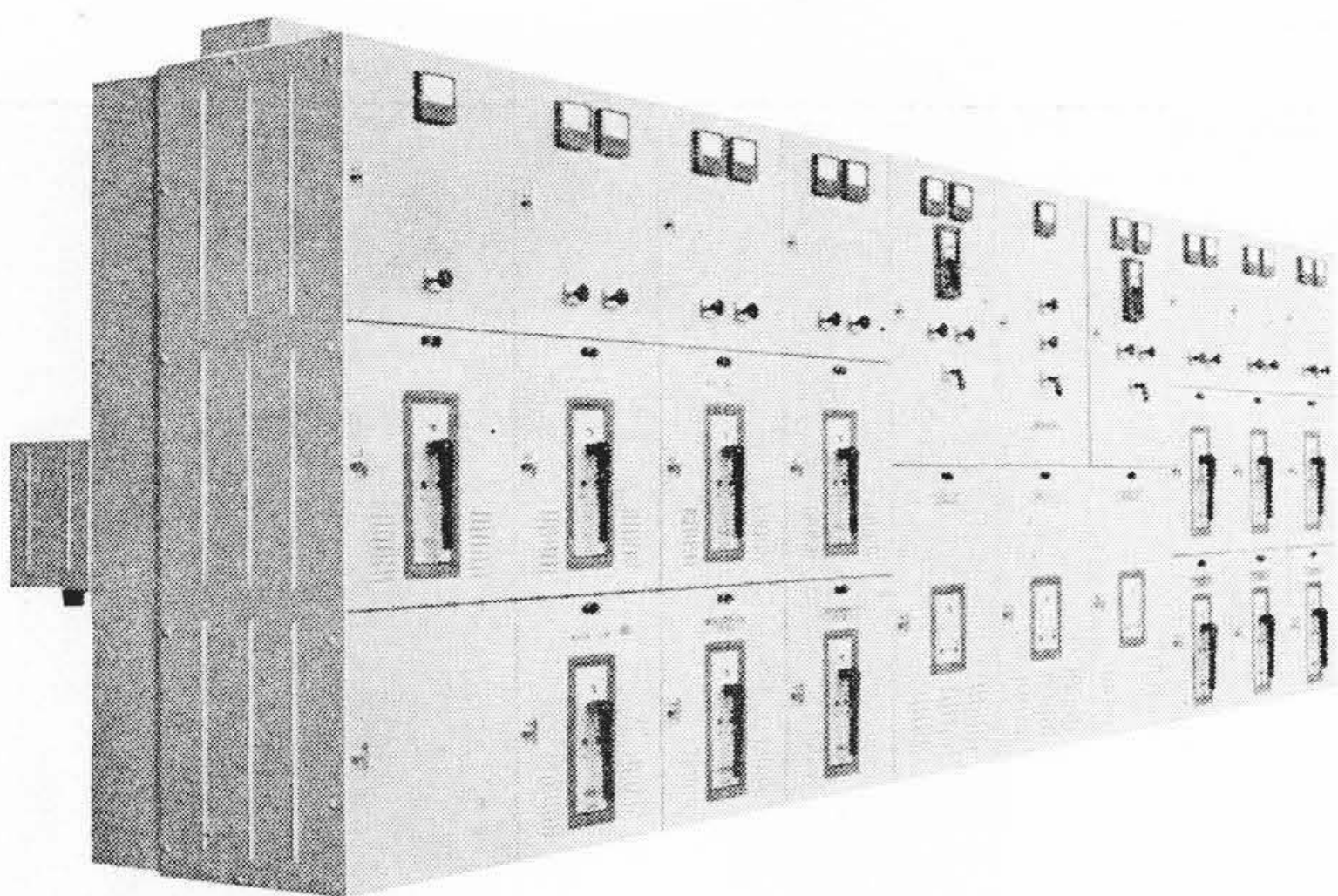
母線は積層成形絶縁物で絶縁され、さらにがい子によって支持されており、電氣的および機械的に安全性が高い。

4.2.3 引出形ケーブル接地装置

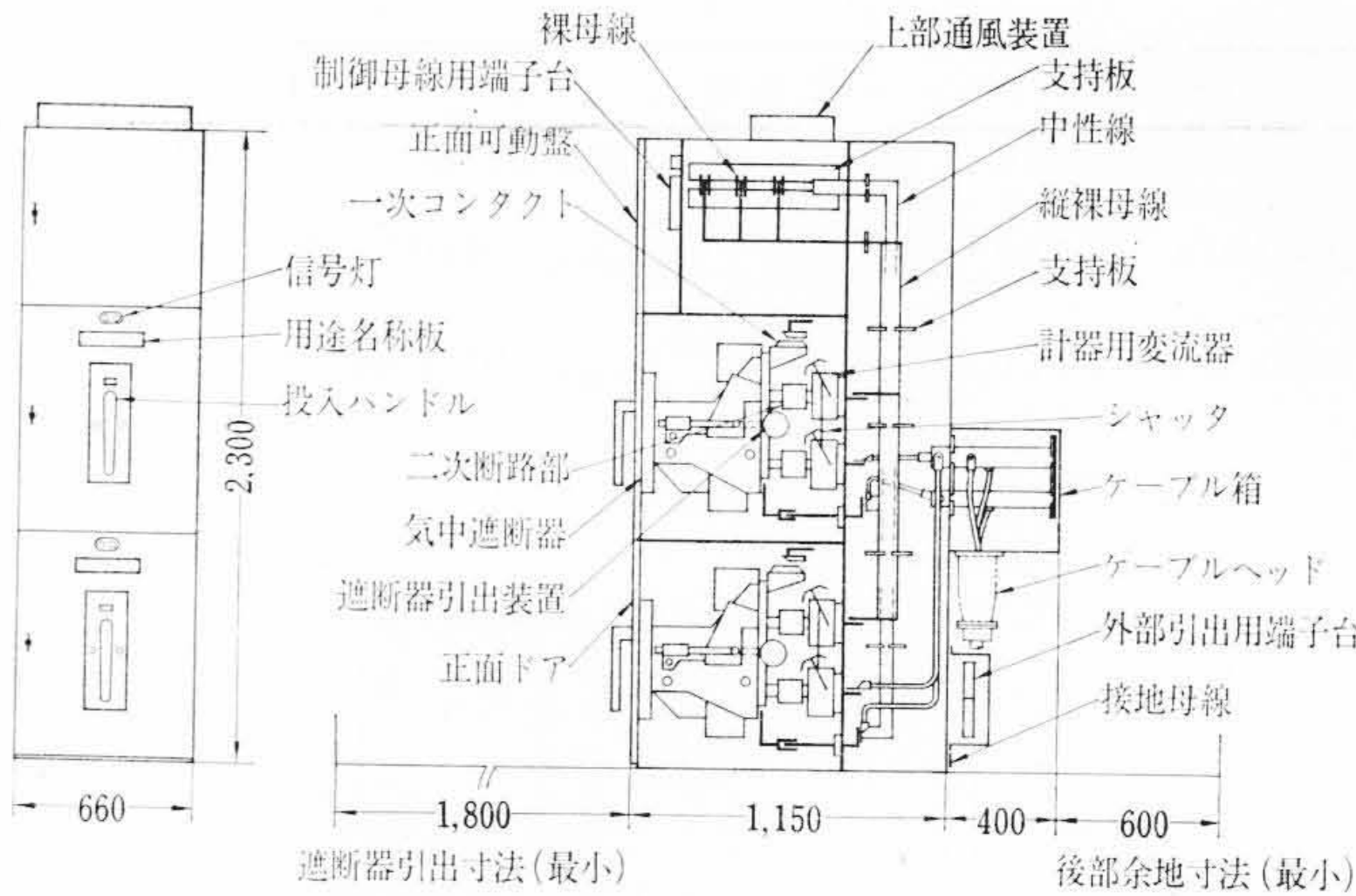
引出形ケーブル接地装置は今回新たに開発したもので、その詳細構造を第13図に、また外観を第14図に示す。これは遮断器の代わりにメタルクラッド配電盤に入れてケーブルを接地するもので、遮断器と同じ投入容量を有し、安全のため遠方操作で電氣的に投入し接地するが、接地装置をメタルクラッド配電盤から引出すとき機械的連動機構により自動的に開路する構造になっている。

5. 440V メタルクラッド配電盤

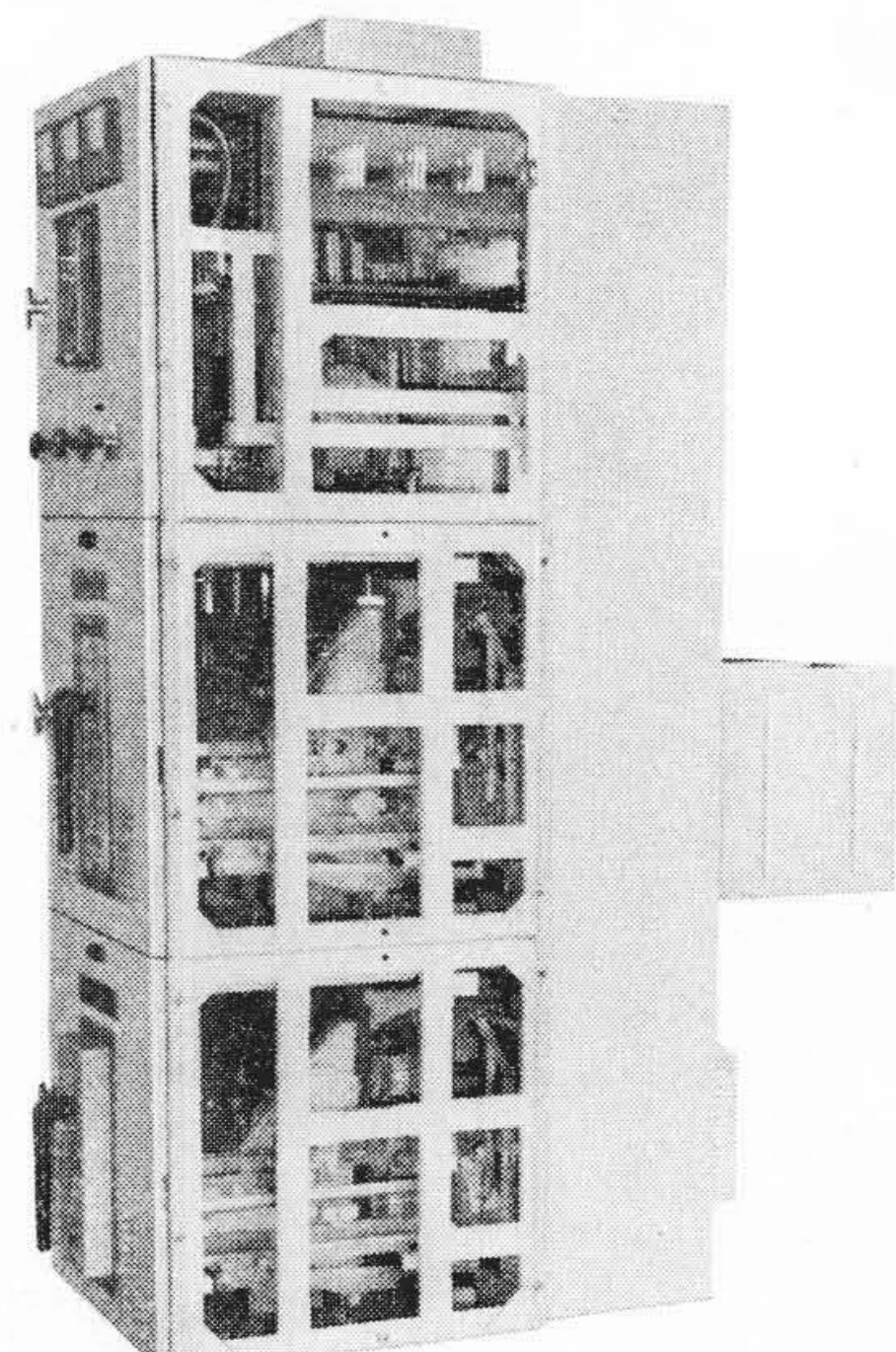
440V メタルクラッド配電盤は3相3線式と3相4線式の2種類



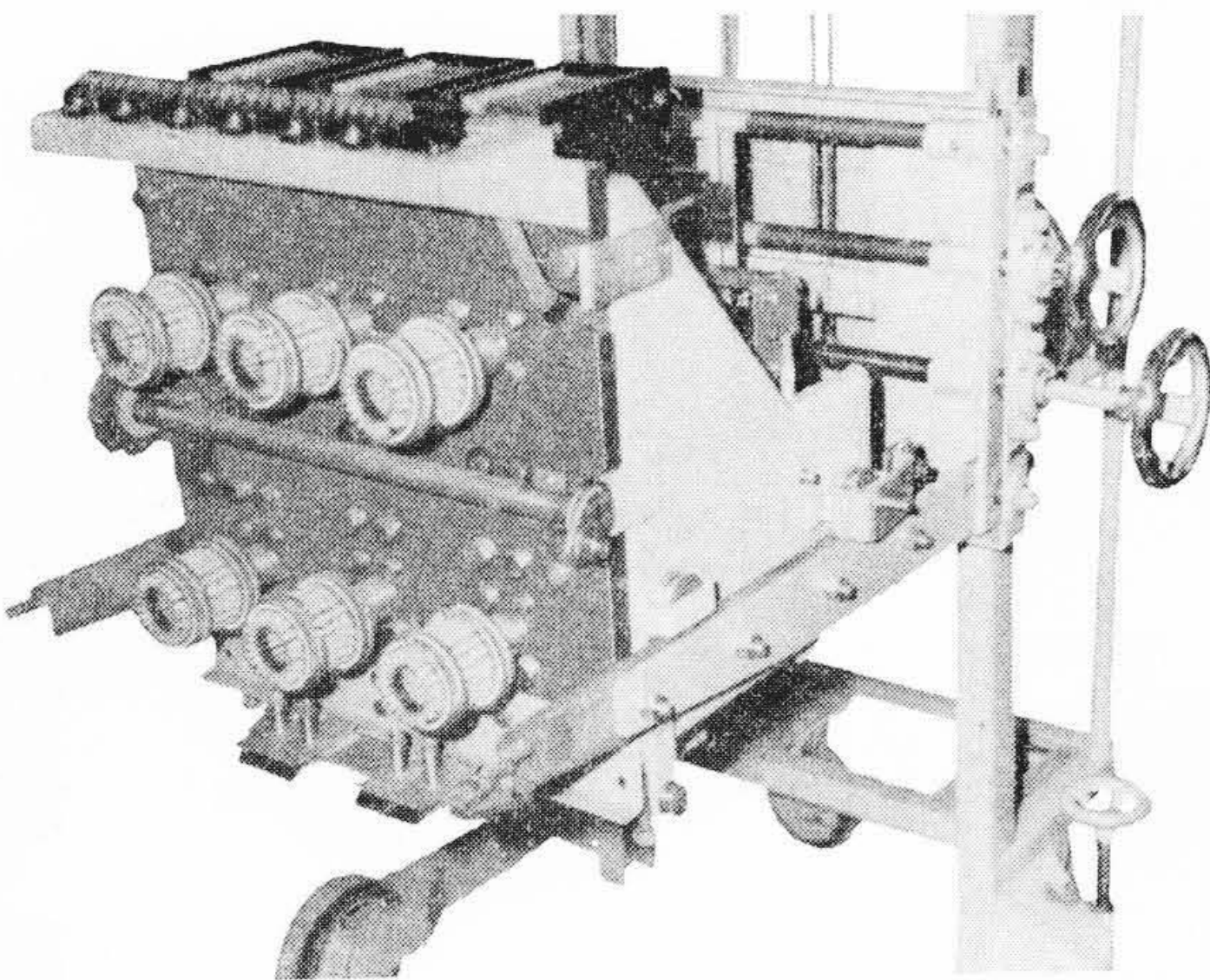
第15図 440V メタルクラッド配電盤



第16図 440V LHBN50B 形メタルクラッド配電盤構造図



第17図 440V メタルクラッド配電盤の内部



第18図 リフターに乗せた440V 3DCBN-50B 形気中遮断器

あって、その使用場所と台数は第1表に示すとおりである。第15図はその外観を示したものである。

次のその定格と構造について説明する。

5.1 定 格

440V メタルクラッド配電盤および440V 気中遮断器の定格は第4表に示すとおりである。

5.2 構 造

代表的なき電線用メタルクラッド配電盤の構造を第16図に、またその側面内部を第17図に示す。

遮断器は接地鋼板で閉鎖された遮断器室にはいついて、立体的に段積みできる構造である。

5.2.1 気 中 遮 断 器

気中遮断器は、小形で大きな遮断容量をもち、長時限、短時限、瞬時引はずし特性を有する過電流引はずし装置をそなえていて、用途に適した選択遮断ができる。1,500A形3DCB-50B形気中遮断器は手動操作方式、投入力の大きい2,500A形3DCB-75A形は電磁操作方式である。

3相4線式回路には、今回新たに開発したニュートラルリンク付3相4線式気中遮断器を用いた。その外観を第18図に示す。ニュートラルリンクは中性線接続用で遮断器の開閉には動作をともしせず遮断器を断路位置に引出した場合のみ断路するものである。

受電用遮断器と母線連絡用遮断器には、分路引外機構を設け、無停電切換ができるようになっている。その操作回路は第19図に示すとおりで、3台目の遮断器を投入すると、一定時間後にあらかじめ切換開閉器で選んだ遮断器が開路するようになっている。

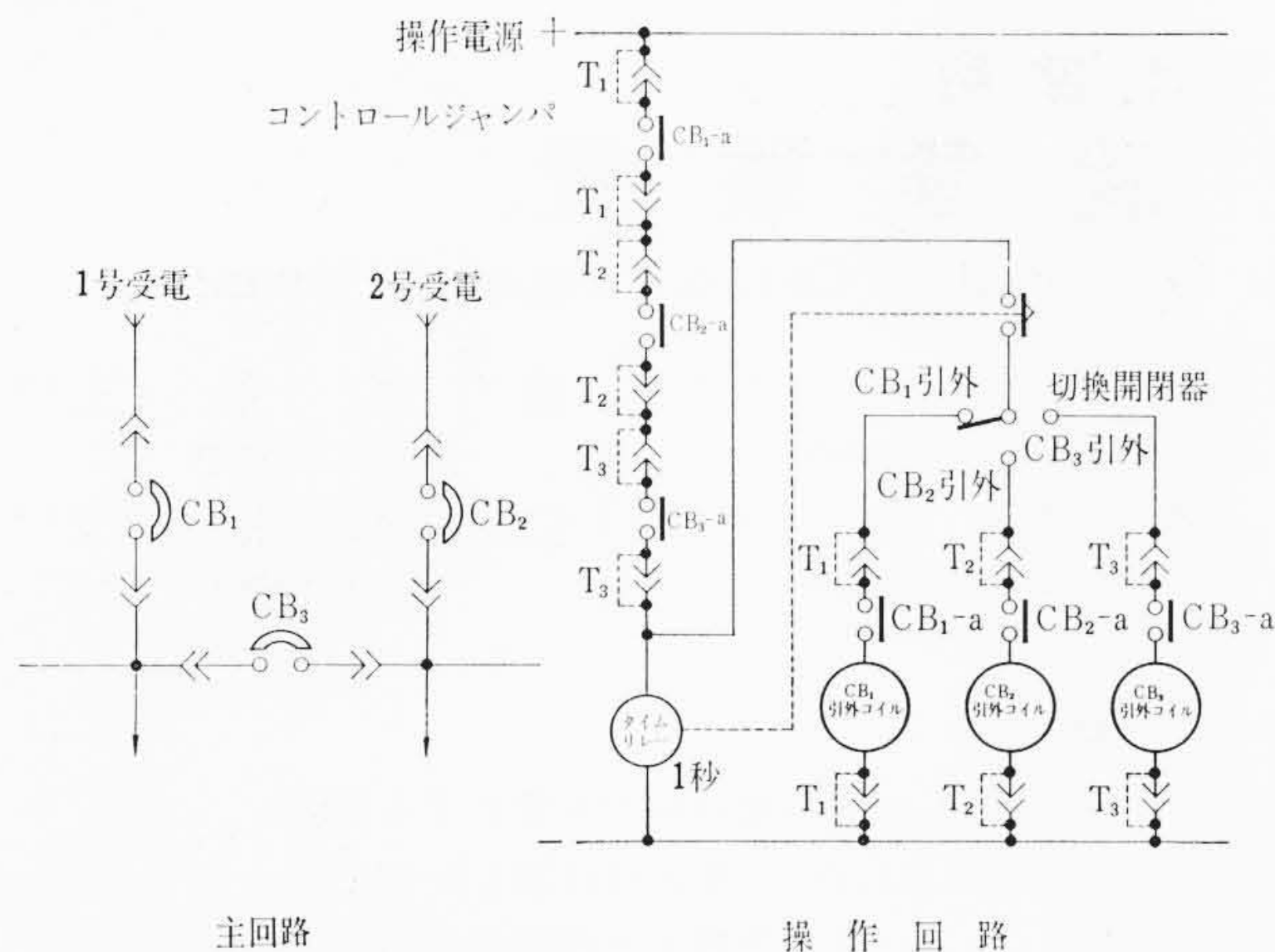
5.2.2 遮断器引出装置

遮断器は水平引出形で、手動引出機構で軽快に出し入れすることができ断路部が遮断器閉路のまま開閉することがないようインターロック装置が設けてある。この種の低圧気中遮断器入りメタルクラッド配電盤にはシャッタは設けないのが普通であるが、このものは特に遮断器を引出したとき、断路部充電部を自動的に遮へいするシャッタをそなえている。

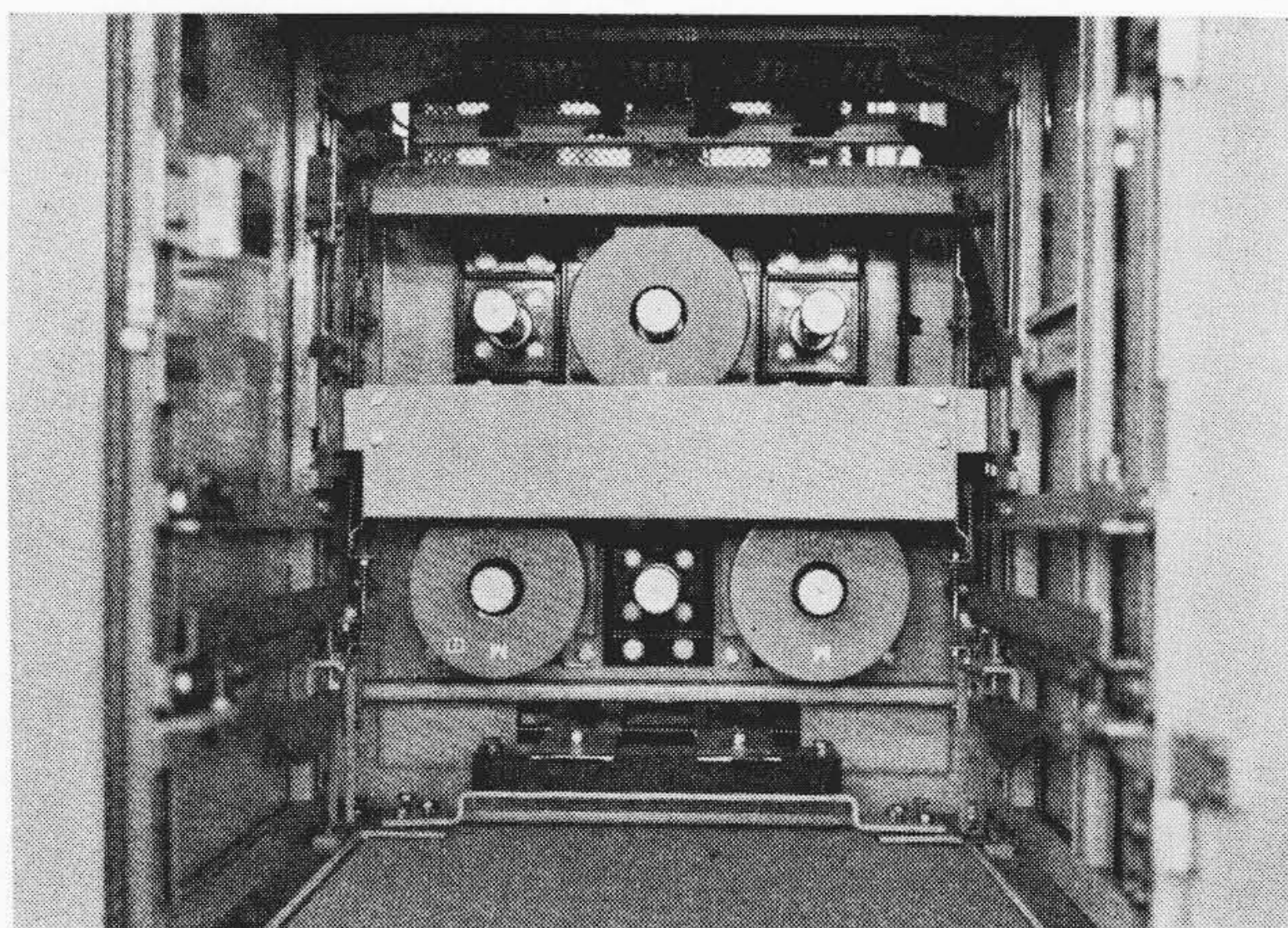
第4表 440V メタルクラッド配電盤の定格

メタルクラッド配電盤				気中遮断器				備 考
形 式	定格電圧	定格電流	母線電流	形 式	定格電圧	定格電流*	定格遮断電流**	
LHB75A-O ₃ TMA(S)	440V	2,000~2,500A	2,000~2,500A	3DCB-75A-O ₃ TMA	440V	2,500A	33kA	分路引外付 電磁操作式
LHB50B-O ₃ THA(S)	440V	1,200A	1,500A	3DCB-50B-O ₃ THA	440V	1,500A	33kA	分路引外付
LHB50B-O ₃ HA(S)	440V	400~600A	1,500~2,500A	3DCB-50B-O ₃ HA	440V	800A	33kA	
LHBN50B-O ₃ THA(S)	440V	1,200A	1,500A	3DCBN-50B-O ₃ THA	440V	1,500A	33kA	3相4線式 分路引外付
LHBN50B-O ₃ HA(S)	440V	400A	1,500A	3DCBN-50B-O ₃ HA	440V	800A	33kA	3相4線式

注：* 直列線輪を除く気中遮断器本体の定格
** 対称値



第19図 インターロック回路接続図



第20図 シャッタ開状態

計器用変流器は第20図に示すとおり断路部に取付け、その保守点検を容易にするとともに、メタルクラッド配電盤を小形化した。

5.2.3 ケーブル箱

低圧メタルクラッドの配電盤ケーブル引込みは通常裏面下部より一括して引込むのであるが今回は特に各回線ごとにケーブル箱を設け他回線を送電中でもその部分だけ遮断器で切り離してケーブル作業ができるようになっている。

6. DC 250V メタルクラッド配電盤

DC 250V メタルクラッド配電盤の使用場所と台数は第1表に示すとおりで、第21図はその外観である。

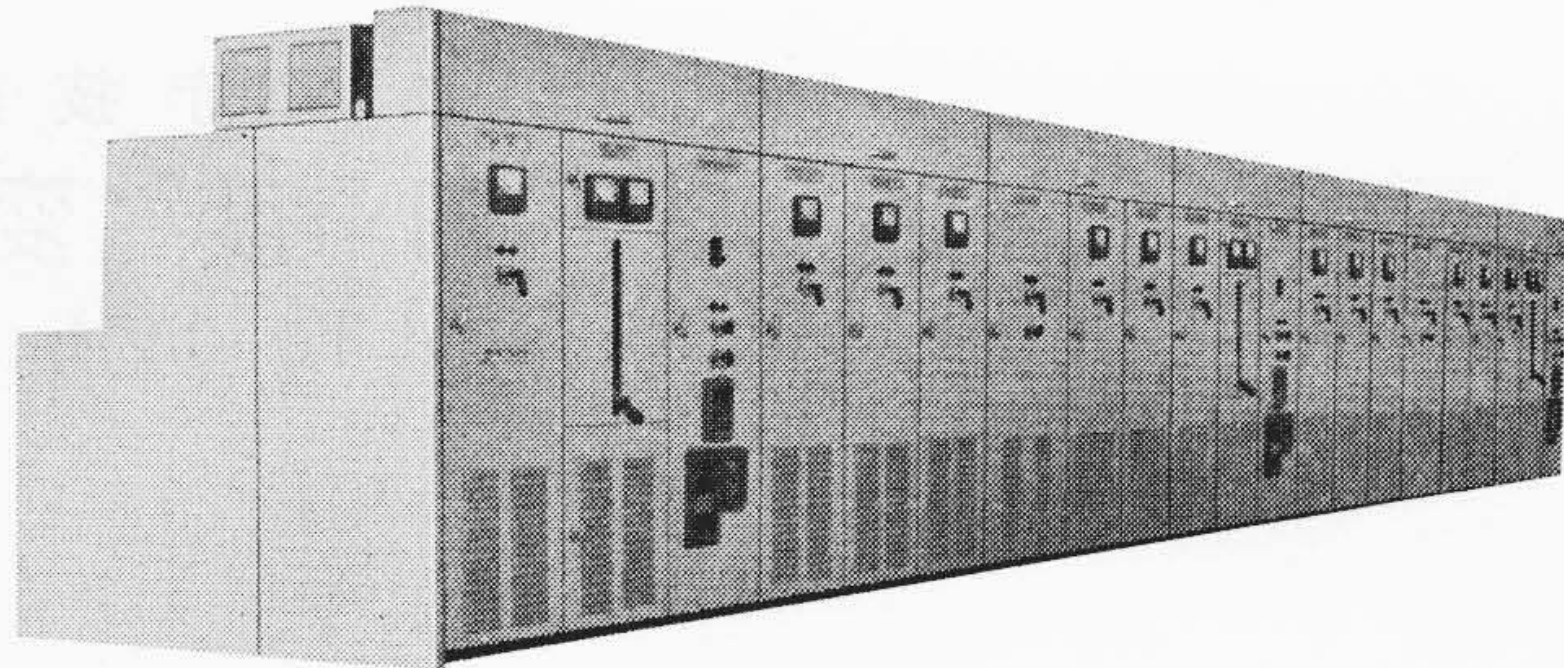
次にその定格と構造を説明する。

6.1 定 格

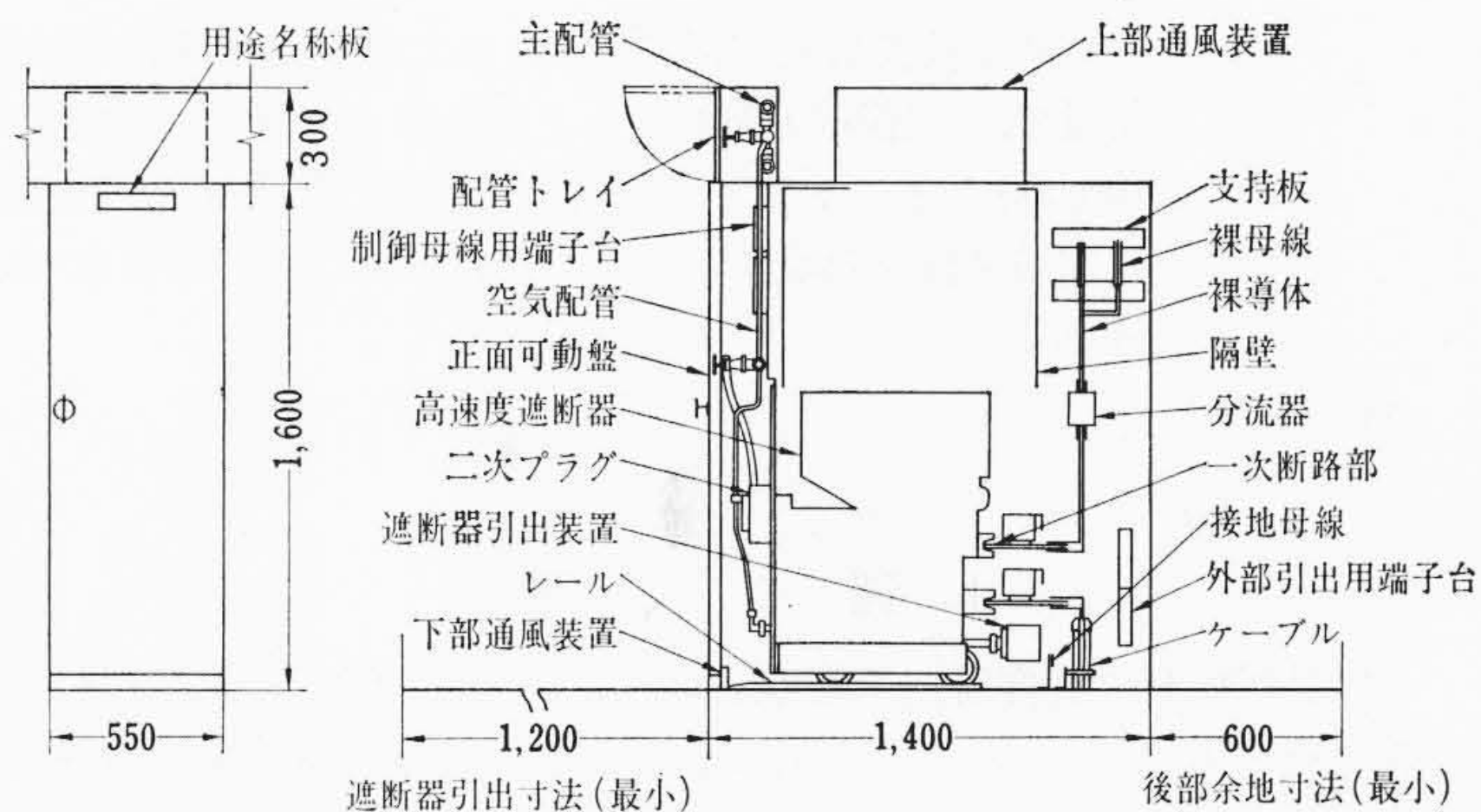
DC 250V メタルクラッド配電盤および DC 250V 高速度気中遮断器の定格は第5表に示すとおりである。

6.2 構 造

代表的なき電線用メタルクラッド配電盤の構造を第22図に示す。



第21図 DC 250V メタルクラッド配電盤



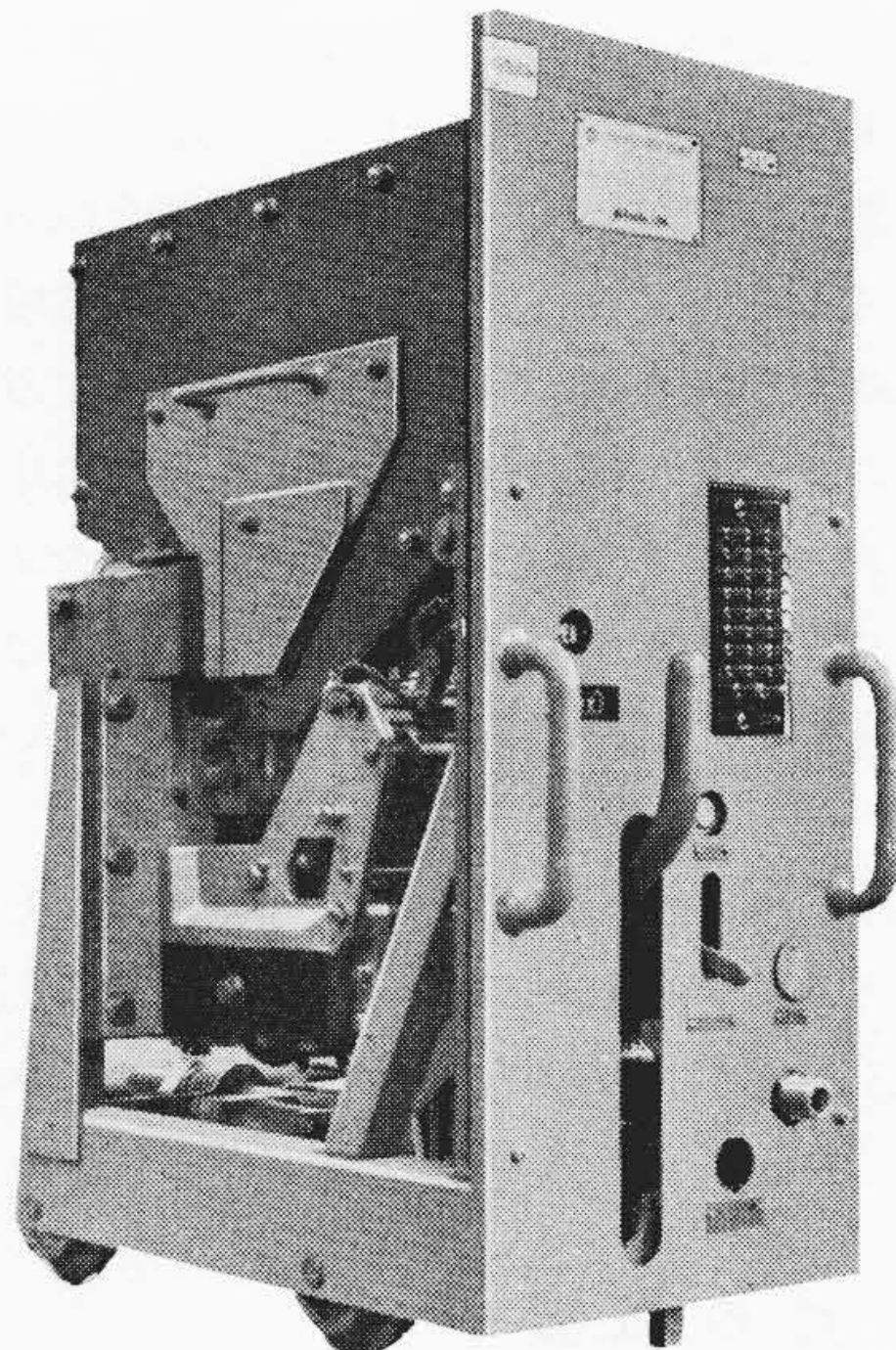
第22図 DC 250V LHB-OPA 形メタルクラッド配電盤構造図

6.2.1 高速度気中遮断器

高速度気中遮断器は磁気遮断器と同様、大電流を磁気吹消作用で、非常に高速度に遮断する直流回路用遮断器で、その外形は第23図に示すとおりである。圧縮空気操作で、遮断容量は推定短絡電流 150kA であり、取扱いの安全なデッドフロント形である。

6.2.2 遮断器引出装置

遮断器は水平引出断路形で、手動引出機構で出し入れする構造であり、操作回路および操作用圧縮空気配管は手動着脱式である。



第23図 DC250V HBM 形高速度気中遮断器

7. 結 言

以上、インド・ヒンダスタン製鉄会社、ドルガプール特殊鋼製鋼所納メタルクラッド配電盤の概要を紹介したが、このメタルクラッド配電盤は信頼性と安全性、取扱いの便利さに対し特別の注意が払われている。なお今回開発した空気遮断器入りのメタルクラッド配

電盤は特別高圧においての行き方を示したものと見える。安全性や取扱上の問題は特別高圧から低圧まで一貫して総合的見地から考えられるべきであり、今後このような大容量設備計画上の参考になれば幸である。

第5表 DC250V メタルクラッド配電盤の定格

メタルクラッド配電盤				高速度気中遮断器				備 考
形 式	定格電圧	定格電流	母線電流	形 式	定格電圧	定格電流	推定短絡電流	
LHB-O ₁ PA	DC250V	2,000~4,000A	2,000~4,000A	HBM-O ₁ PA	DC250V	2,000~4,000A	50~150kA	両方向性
LHB-OPA	DC250V	1,200~2,000A	2,000~4,000A	HDM-OPA	DC250V	1,200~2,000A	50~150kA	一方向性