

3. 送配電および変電用機器

TRANSMISSION AND DISTRIBUTION MACHINE

3.1 変 圧 器

大型変圧器の組立輸送はますます盛んとなり日立製作所において昨年中に組立輸送行つた変圧器は約 800,000 kVA に及んでいる。一方新鋭火力および大容量水力発電所の建設に伴い変圧器の容量も 200,000 kVA 級の超大型へと飛躍的に増大しつつある。九州電力株式会社西谷変電所用 200,000 kVA (一次 180,000 kVA, 二次 160,000 kVA, 三次 60,000 kVA) 変圧器 2 台は方向性珪素鋼帯の使用, 設計, 輸送技術の前進により組立輸送を行うもので目下製作中である。方向性珪素鋼帯は優秀な磁性材料で変圧器の進歩をうながすであろう。また大容量負荷時タップ切換変圧器の需要が増し九州電力株式会社大村発電所用 70,000 kVA 1 台および関西電力株式会社和歌山変電所用 30,000 kVA 2 台が製作されさらに九州電力株式会社長崎変電所用 70,000 kVA 1 台を製作中である。変圧器の騒音低減法には鉄心に方向性珪素鋼帯を用い発生騒音を小さくする方法と, 発生した騒音を遮音壁により遮音する方法がある。東京電力株式会社高輪変電所用 45,000 kVA 変圧器 2 台は後者の方法により所期の効果をあげた。さらに市街地変電所, 地下発電所などの建設費節減のためケーブル直結型変圧器が要望される気運にあり, 接続方法についてケーブル製造者と協同研究を行つている。

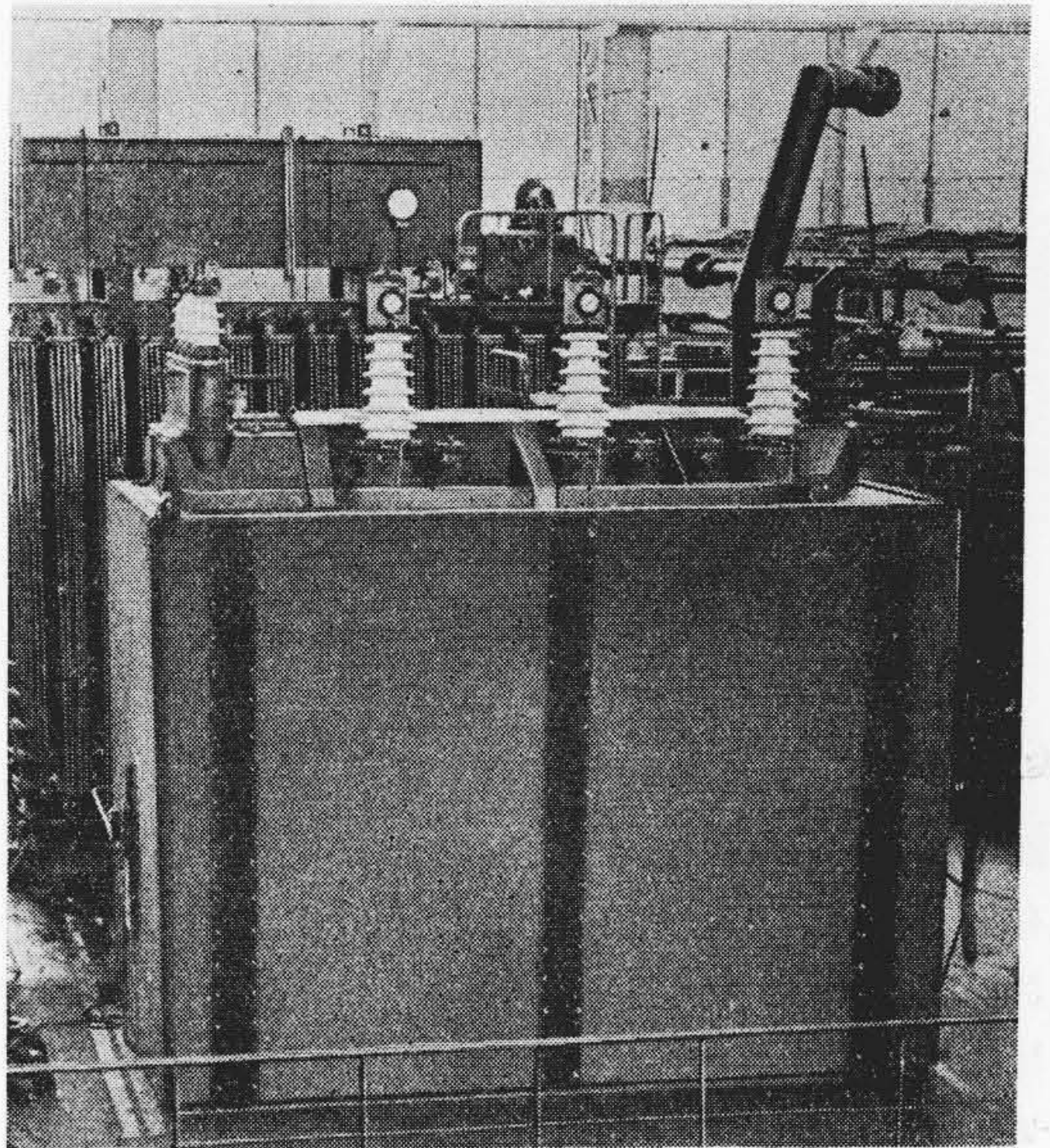
また化学工場向けの工場防爆型変圧器の開発, 柱上変圧器の鋼板製ケースの採用による軽量化, スタッドターミナルの利用など新しい方式が実用されるに至つた。柱上変圧器に巻鉄心を使用するものが, 各電力会社に試作納入されたが軽量化と高性能の点で好評を博したが, これは明日の柱上変圧器の動向を示すものと思われる。

3.1.1 大型変圧器

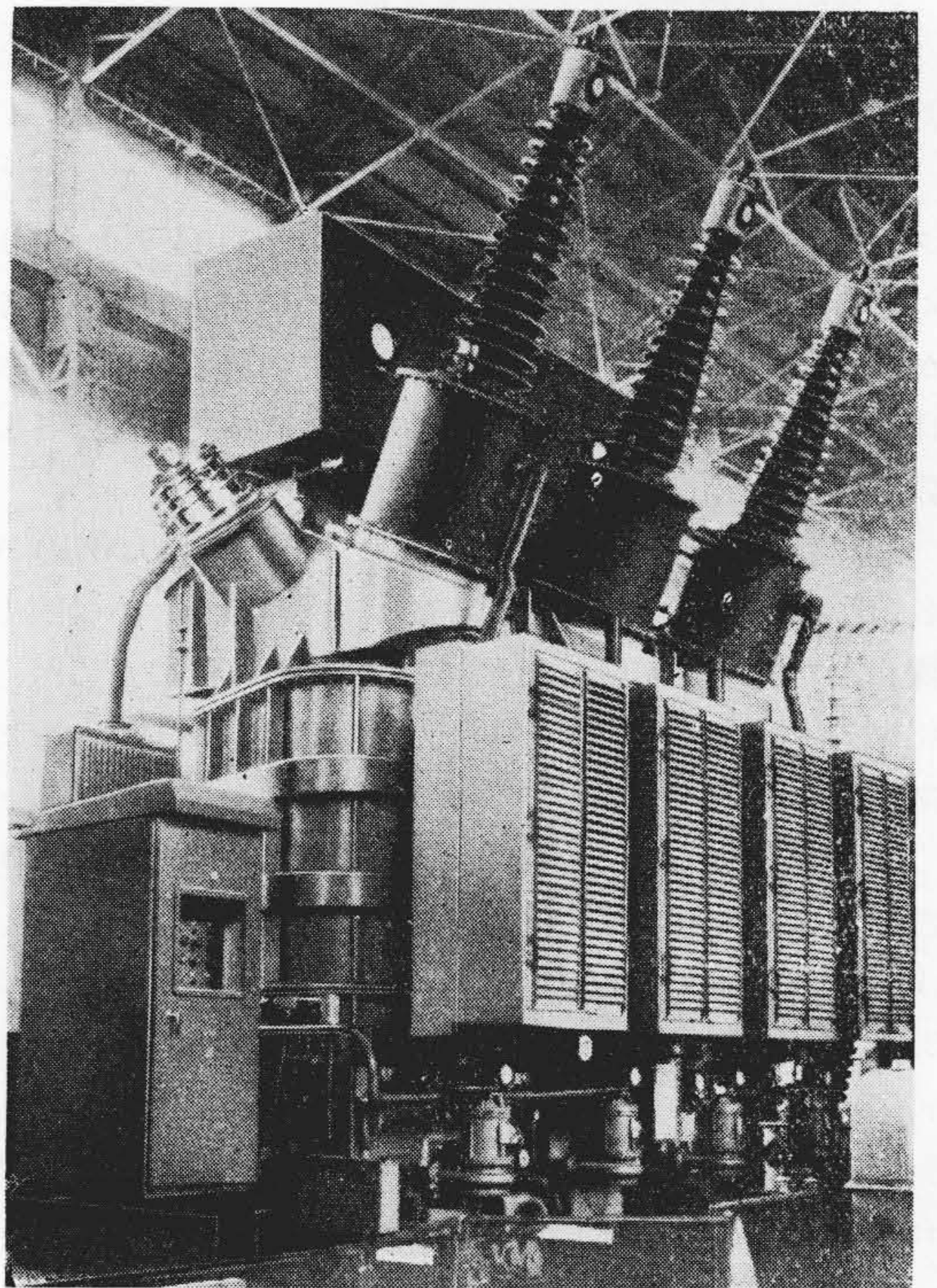
組立輸送の大容量変圧器はますます増加し, 北陸電力株式会社富山変電所納 95,000 kVA 三相三巻線変圧器, 東京電力株式会社新東京発電所納 92,000 kVA 三相変圧器などが完成した。

また最近, 市街騒音に対する関心が高まり, したがつて低騒音変圧器が要求されるようになった。この騒音現象について種々研究を行い, さきに東京電力株式会社板橋変電所納 30,000 kVA 低騒音変圧器を製作したが, 今回普通 T 級珪素鋼板を使用した 60 kV, 45,000 kVA 低騒音変圧器を東京電力株式会社高輪変電所へ納入した。

本器は, 騒音を低下するために, 単一遮音壁を設け, 本体外函と遮音壁に吸音材を充填し, 放散される騒音を吸収する構造で工場試験においてピット中にもかかわら



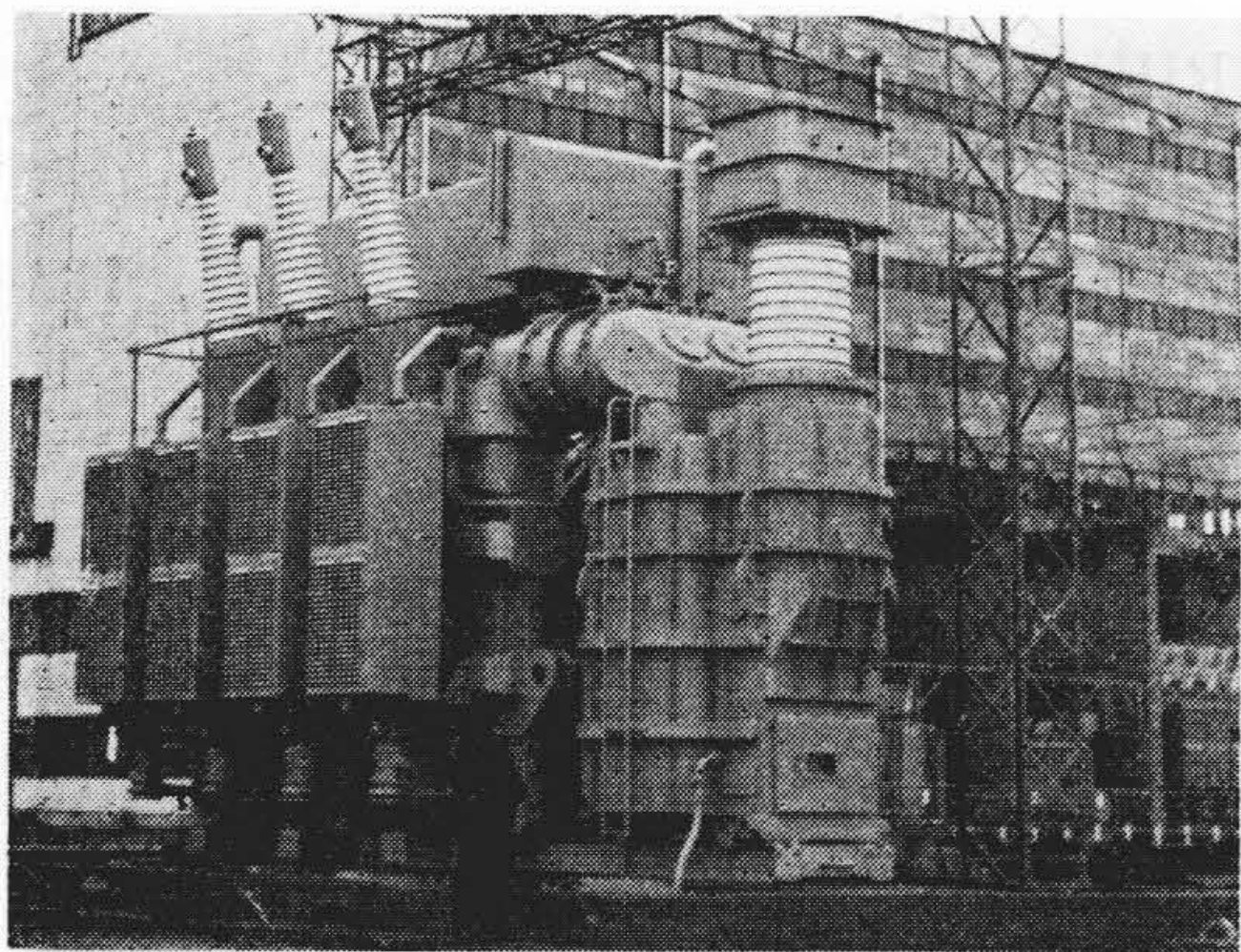
第 1 図 60 kV 45,000 kVA 低騒音変圧器



第 2 図 台湾電力公司万大変電所納 40,000 kVA 三相変圧器

ず59ホンという好成績を得た。

台湾電力公司万大変電所に納入した 40,000 kVA 変圧



第 3 図 70,000 kVA 負荷時タップ切換変圧器
66/115~110 kV Δ /人

器は 161/66 kV 三相器で、三次 10.5 kV, 20,000 kVA を有し、材料は JIS 規格、性能は ASA, NEMA 規格で製作され、性能検査はもちろん、厳密な A 級受入検査に合格したもので、特に方向性珪素鋼帯を使用して鉄損を減少せしめるとともに、高、中、および低圧巻線のタップ切換機構はすべて床上操作として取り扱いを便利にした。

3.1.2 負荷時タップ切換変圧器

負荷時タップ切換変圧器は、大容量化と、自動化されたユニットサブステーション用の二方向に進んでいる。

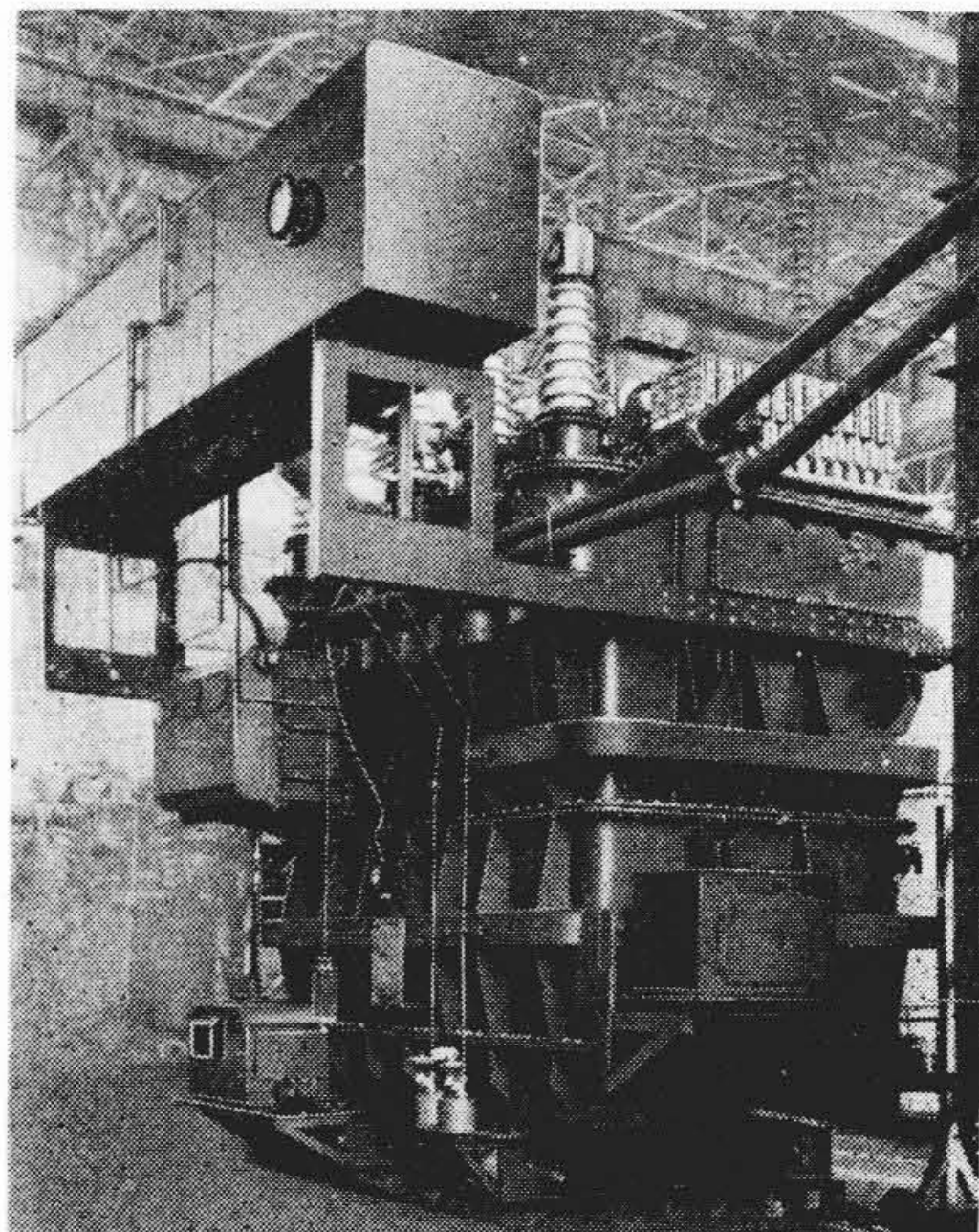
九州電力株式会社大村発電所納の 70,000 kVA 負荷時タップ切換変圧器は、一次 66 kV, 二次 110 kV で、110 kV 中性点側で 2.5% 間隔 7 タップの負荷時切換を行うが、本体のみでも普通の変圧器として使用できるよう本体とタップ切換装置とを油密の別槽に収めた。また 5 脚鉄心構造を採用して組立輸送を行つた。

関西電力株式会社和歌山変電所へ納入した 30,000 kVA 負荷時タップ切換変圧器 2 台は、一次 77 kV, Δ 結線の線路端でタップ切換を行う。二次は 22 kV であるが、将来 33 kV に切換できる構造であり、さらに本体は冷却ファンを取り付ければ 20% の容量増加が可能である。

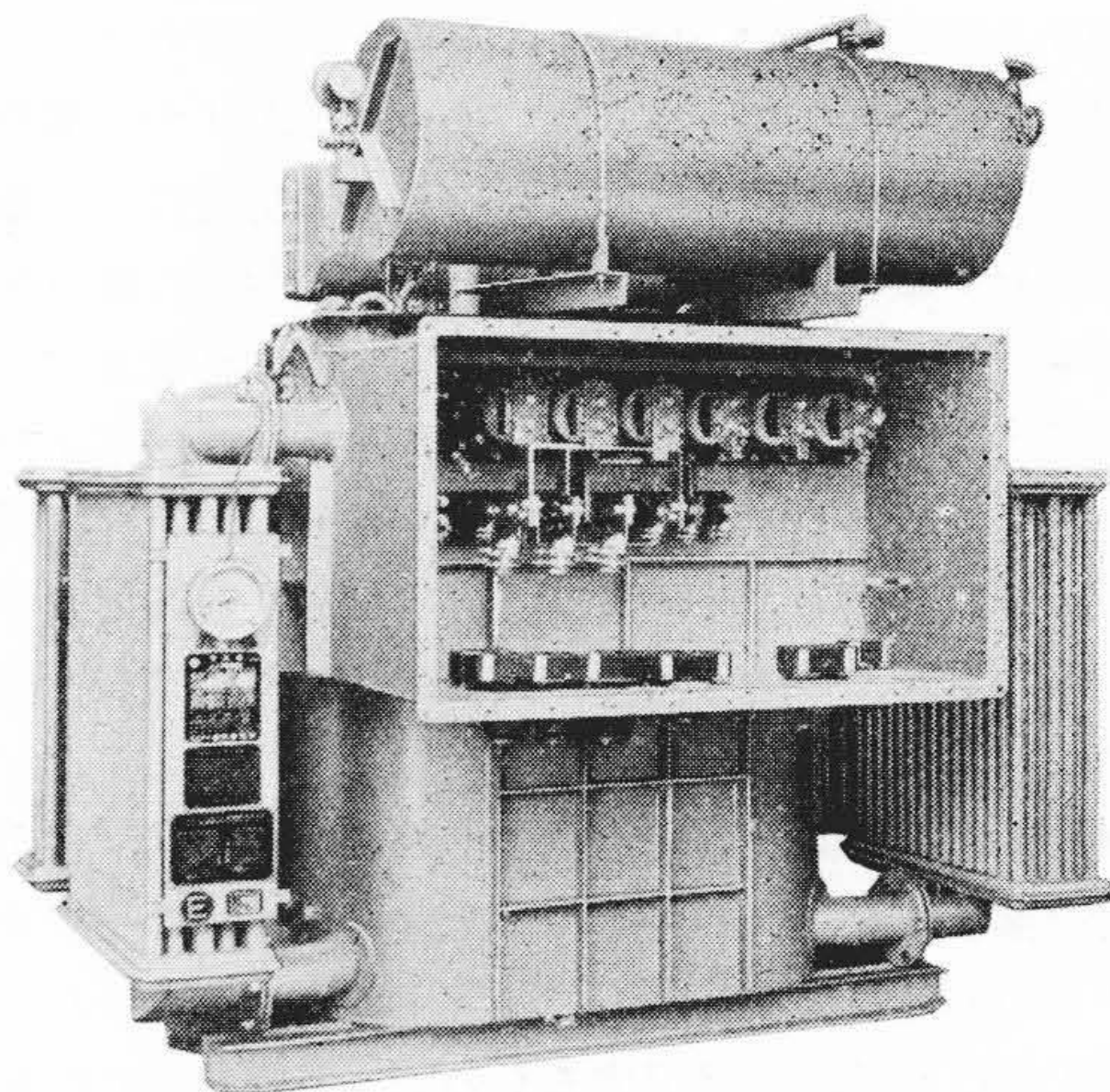
関西電力株式会社尾崎変電所に 2 台、枚岡変電所に 3 台納入した 6,000 kVA 負荷時タップ切換変圧器はユニットサブステーション用である。一次は 77 kV, 二次は 3.45 kV (6.9 kV) で $\pm 10\%$ の負荷時切換を行う。全装可搬型の本体とタップ切換装置とは、ともに窒素封入密封で、切り離しても使用できる。冷却ファンを取り付ければ 25% の容量増加ができる。

3.1.3 特殊機器

昭和電工株式会社富山工場へ 22,000 kVA, ならびに、秩父工場へ 10,000 kVA 各 1 台ずつ納入した負荷時電圧調整器付電気炉用変圧器は、いずれも一次 63 kV である。第 4 図に 22,000 kVA 変圧器を示すが本器は一次側



第 4 図 22,000 kVA 負荷時電圧調整器付電気
炉用変圧器 63 kV 195~137 V (14 タップ)



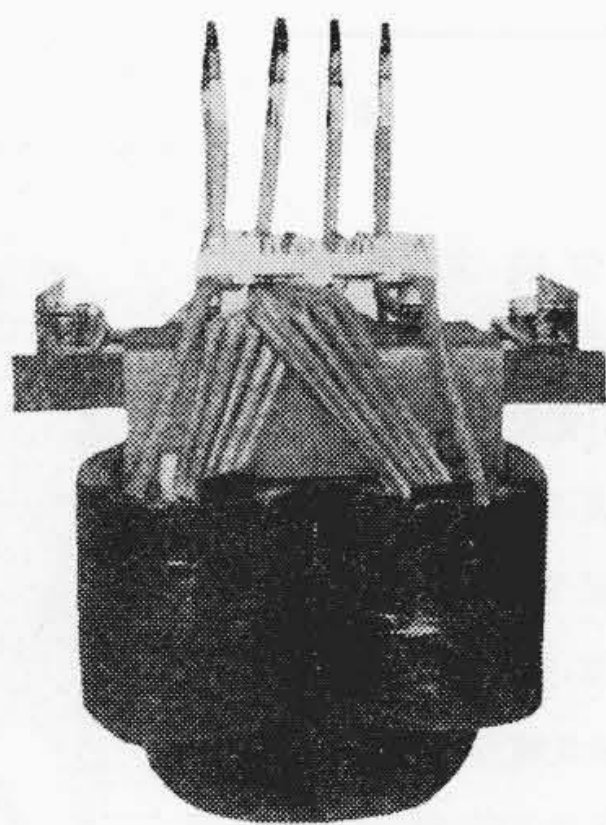
第 5 図 窒素ガス封入密封型 500 kVA 三相工場用
防爆変圧器 (端子箱カバーを取外し内部を示す)

で間接式負荷時タップ切換を行つて、二次電圧を 14 段階に変化する。冷却方式は、送油風冷式で内部は油の吹付によるコイルの強制冷却を行い、なお二次電流は 70,000 A に及ぶため、その端子は風冷式とした。

九州電力株式会社大村発電所に納入した 4,570 kVA 消弧リアクトルは、電流範囲 120~30 A で 12 タップ付である。二次に 11,000 V の巻線を設け、常時は抵抗器で接地し、地絡事故のときは抵抗を切り離して消弧する。永久接地のときは、ふたたび抵抗を投入して選択遮断を行い得るようにする。本体は窒素ガス封入コンサベータ付全装可搬型である。

3.1.4 中小型変圧器

時代のホープ石油化学、ガス化学工場の電源設備は近代化に伴い工場防爆型が採用される傾向である。工場の

第6図 単相 15 kVA 汎
用柱上変圧器新型第7図 巻鉄心型柱上
変圧器中身

所要電力が大きいため変圧器の単器容量も大きくなる傾向であつて、300, 500 kVA の工場防爆型が生産された。

3.1.5 柱上変圧器

都市では各種電気機器の普及によつて負荷密度がますます高くなり、柱上変圧器は逐次大容量化し、装柱作業の容易さ、電柱の負担軽減のために小型、軽量化が要望されている。これにこたえて新しいデザインの鋼板製ケース（意匠登録出願中）を採用した。

柱上変圧器の高圧側碍管はさきにスタッド型に移行しているが続いて低圧側もスタッド型に変更した。低圧側は電流値が比較的大きいので、工事方法に大きな変化を与えないようリード線付となつている。この結果汎用柱上変圧器は封塞用コンパウンドを使用せぬこととなり、気密度がいつそう上り絶縁油の劣化が抑制されて信頼度を増すこととなる。

最も特筆すべきは巻鉄心型柱上変圧器の見本品を各電力会社に納入し好評を得たことである。巻鉄心型柱上変圧器は重量の軽減、高性能（低鉄損）の実現など、従来の積鉄心型に比し大きな期待がかけられる。巻鉄心型変圧器は焼鈍、切断、接着など高度の技術管理、あるいは特殊な作業を必要とするが、日立製作所ではそれらの量産的研究が終つており、日立製作所の最も特長とするところは接着剤に独創的なもの（特許・新案出願中）を用い、万一事故の際その修理が簡単にできることである。

3.2 遮断器および開閉器

高電圧交流遮断器の需要は依然として活潑であるが、特に空気遮断器の要望が急激に増加している。すでに屋内用空気遮断器は昭和29年以来、10~30 kV 各種定格の標準品を整備して百数十台に及ぶ多数の使用実績があり、この経験を基礎に屋外用高電圧空気遮断器を完成した。本器は外部断路方式を採用しているので、後述のように空気充填型遮断器に比較して信頼度がきわめて高い。80.5 および 161 kV 各遮断器は各地の現地試験に参加し、すぐれた特性を発揮している。80.5 kV 遮断器は

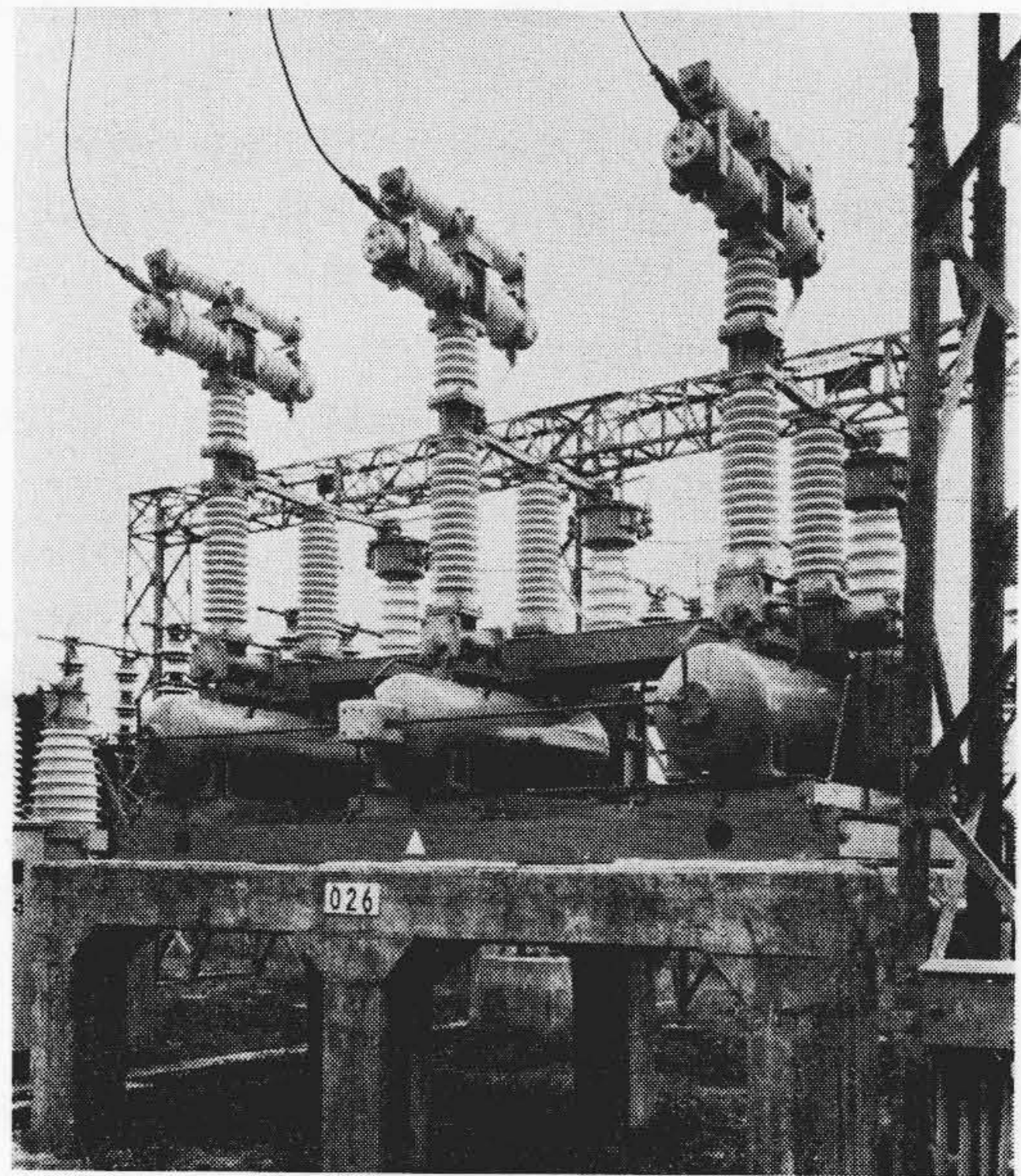
すでに関西電力株式会社殿山発電所、東北電力株式会社平変電所などに納入され営業運転に入っているが、引き続き 195 kV 級まで多数製作中である。さらに 287.5 kV, 1,200 A, 1,500 MVA 単相再閉路空気遮断器の試作も完了し製品化が可能となつた。

80.5 および 161 kV 制弧遮断器 (C.C.B.) は空気遮断器の進出にもかかわらず多数の需要に応じている。これは C.C.B. が都内などの騒音が問題となる場所あるいは既設の増設および設置台数の少ない場所などは空気遮断器より有利なためである。本器は各部分にゲージ作業を実施して精度の向上を図り、互換性を具備させているので現地無調整据付が可能となり好評を得ている。

磁気遮断器は火災の危険がなく保守点検が容易であるため、ますます広く使用される傾向にあるが、最近特に大容量小型のものが要求されるようになってきた。これに対して 6.9 kV, 350 MVA および 4.16 kV, 250 MVA などの小型遮断器を開発した。

スイッチキュービクルの普及に伴い、いわゆるロードセンターキュービクルの要求が増加している。これに使用する引出型の低圧空気遮断器として 200~600 V, 800~3,000 A, 遮断電流 50~100 kA の各種定格のものの製作を開始した。

直流高速度遮断器は電鉄用としてますます高遮断性能が要求されている。これに対処して日立製作所は交流遮断器試験設備の 150,000 kVA 発電機を利用する大容量直流短絡試験法を完成した。この画期的な試験法によつて改良研究した新型遮断器は昭和31年に行われた日本国有鉄道二の宮変電所の現地試験において最も良好な成績

第8図 OPB-150 型 PA 式 80.5 kV 800 A
1,500 MVA 日立空気遮断器

第 1 表 日立空気遮断器現地試験結果

試験遮断点数	試験電圧 (kV)	電 流 (A)	遮断容量 (MVA)	固有周波数 (kc)	角点弧数	異常電圧 倍 数	備 考
2	75~77	1,900~8,500	250~1,200	4.5	—	—	小 曾 根 変 電 所
2	70~77	10~80	—	—	0	1.0	玉川変電所スタコン
2	70	7	—	—	—	1.0~2.1	玉川変電所 変 圧 器
2	62.5~65.5	0.9~4.7	—	—	0	1.0~1.21	平 変 電 所 送 電 線
2	61~63	84	—	—	0	1.0	平 変 電 所 スタコン
2	63.5~64.2	10.2	—	—	—	1.0~1.8	平 変 電 所 変 圧 器
4	153	14.4	—	—	0	1.0	会津変電所 送 電 線
4	152	' 3	—	—	—	1.0~1.8	会津変電所 変 圧 器

を示した。これにより31年度は日本国有鉄道はじめ百数十台に及ぶ多数を製作納入した。

3.2.1 空気遮断器

(1) 屋外用空気遮断器

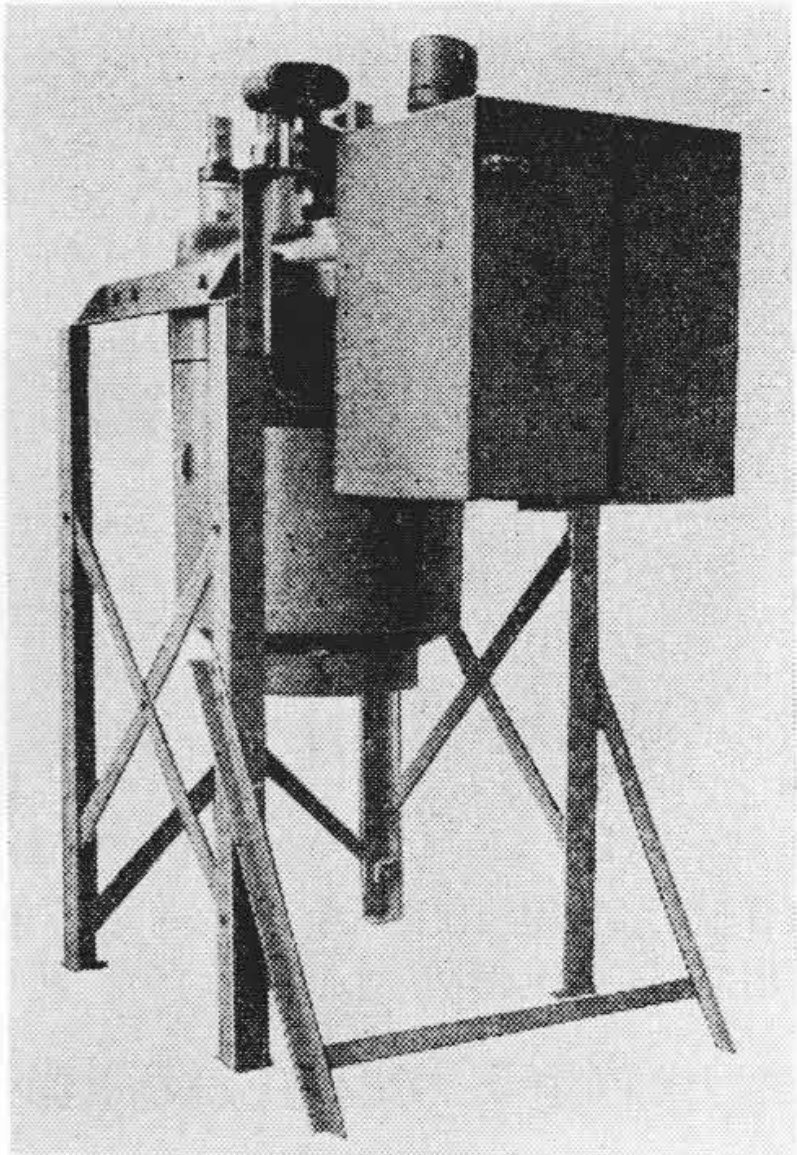
屋外用 80.5 kV 級, 161 kV 級空気遮断器の試作研究を進めてきたがこのたび製品化に成功し, 関西電力株式会社殿山発電所, および東北電力株式会社平変電所に 80.5 kV, 800 A, 1,500 MVA 空気遮断器計 5 台を納入した。遮断器の仕様は, 定格電圧 80.5 kV, 定格電流 800 A, 定格遮断容量 1,500 MVA, 遮断時間 5〜 で, 日立独特の技術により, わが国最初の純国産屋外用空気遮断器として製作されたものである。

その特長は,

- (i) 遮断室は多重遮断方式を採用しているため, 遮断室数を増加することにより高電圧大容量遮断器が簡単にできる。
- (ii) 両方向吹付型遮断室であるため大容量遮断器に適している。
- (iii) 外部断路方式であるため極間絶縁が確実であり, 開閉状態を直視できるため取扱上安全である。
- (iv) 各電圧に対して部品に互換性を有しているため予備品の数が少なくすむ。
- (v) 遮断性能が良好でアーク時間が短くて, 接触子の損傷が少ない。

などの長所を有している。工場試験では 150,000 kVA 大容量短絡試験用発電機を使用した各種電流の遮断試験のほか, 絶縁試験, 温度試験, 操作試験, 寿命試験を行い良好な性能が確認された。このほか関西電力株式会社小曾根変電所, 中部電力株式会社玉川変電所, 東北電力株式会社平変電所, 東北電力株式会社会津変電所などで実系統における 80.5 および 161 kV 空気遮断器の遮断試験を行つた結果実運転に使用しても十分良好な性能を発揮することが判明した。現地試験結果を要約すると第 1 表のごとくである。

これら工場試験および現地試験の結果により, 80.5



第 9 図 SYG-25 6.9 kV 3,000 A 250 MVA 油遮断器

〜195 kV 空気遮断器を多数受注し, 目下製作中である。

(2) 屋内用空気遮断器

11.5〜34.5 kV 屋内用空気遮断器はすでに大量に製作し, 好評を得ている。東京電力株式会社高輪変電所に納入した 24 kV キュービル内蔵型空気遮断器 21 台は, 都市重要変電所用として特に相間バリヤーを挿入した。

仕様は定格電圧 24 kV, 定格電流 1,500 A, 定格遮断容量 1,000 MVA, 全遮断時間 3〜 である。

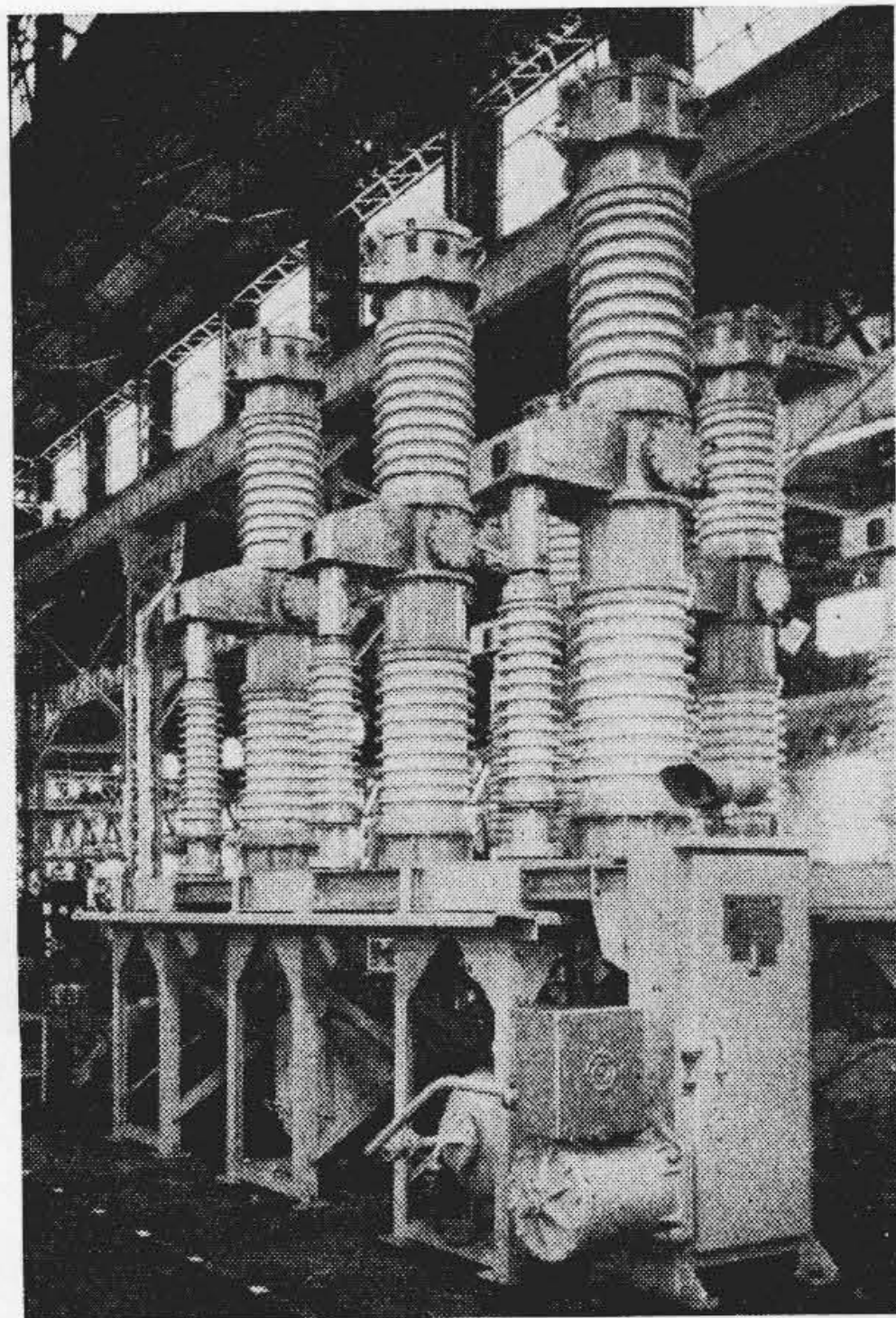
屋内型空気遮断器の各構造部分の工作法は軌道化され, 完全な互換性を有し, 手仕上合せ作業がなくなり, 分解手入には特別の技倆を必要としなくなつた。

3.2.2 磁気遮断器

磁気遮断器の需要は非常に増大し, 約300台が製作されている。最近はさらに遮断容量の大きいものが要求されており, 関西電力株式会社大阪市内変電所用 6.9 kV, 350 MVA, 800〜1,200A 75 台はこれにこたえるものである。その寸法はほぼ 250 MVA と同一であり大容量にもかかわらずメタクラの床面積は変わらない。また火力補機用として 4,160 V, 250 MVA の試作を完成した。これは従来の 3,450 V, 100 MVA と同一の大きさでもつて250 MVA の遮断容量を持つもので, これによりメタクラの寸法は著しく縮少され, 床面積は従来の約 60% になつた。これは 150,000 kVA 短絡発電機による数百回の短絡試験の結果により遮断部を改善しついに完成したものである。

3.2.3 油入遮断器

小型油入遮断器の改善および大容量化が進んだ。すなわち従来 3,000 A 級は三相別タンクでやつていたが, 単一タンクの 3,000 A のものを開発した。これにより化学



第10図 BOI-250 B-PA 80.5 kV 800 A
2,500 MVA 碍子型制弧遮断器

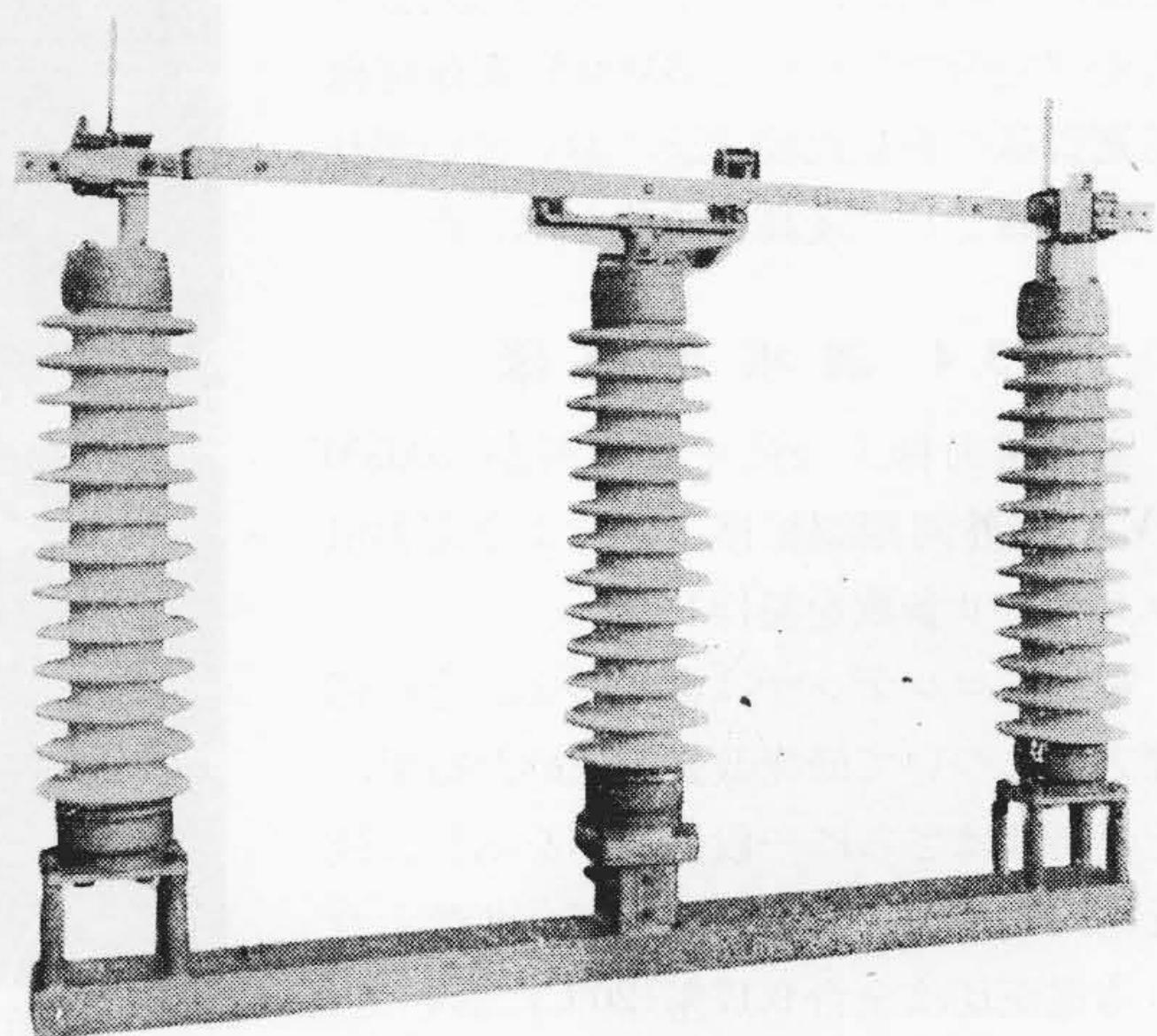
工場などの 3,000 V 大電流用は小型化され、油量で34%重量で 40% 床面積で 35% に縮小された。第9図はその外観を示す。また単一タンクで 11.5 kV, 500 MVA のものを開発した。これは従来のものに比較すると重量で45% 床面積で 60% になつている。最近メタルクラッドまたはキュービクルに用いられることが多いが、この場合床面積の減少は著しい。

3.2.4 制弧遮断器

制弧遮断器は遮断器の実用性能の向上のために種々改善をし、すべて治工具作業として各部分組立単位ごとに互換性を持たせ、無調整式の遮断器を完成した。第10図はその外観である。すでに60台以上のデータを記録し品質管理を行つているが、その一例をあげると任意に組合せたでき上りの遮断行程は、380 mm に対して偏差 ± 2 mm 以下で、これに基づく開極時間の差は 1 ms 以下である。この結果工場における総合組立は不要となり、現地で所定どおり積み重ねるだけで十分性能を発揮できるようになつた。

3.2.5 無調整式 NHL 型 PHL 型断路器

NHL 型, PHL 型断路器は従来工場で碍子とともに組立して、1相ごとに調整を行つていたが、個々の調整を必要としない無調整式断路器を開発製作し、すでに数百台に及んでいる。この無調整式はベース部分、可動、固定接触子部分、碍子部分の寸



第11図 無調整式 PHL 型 80.5 kV 800A
断路器 (1 相分)

法をそれぞれ一定公差内におさめることにより各部品に完全な互換性を持たせたものである。したがつて現地組立に際してはまったく調整の必要なく、碍子も碍子会社から直接現地に納送することも可能となつた。これによりきわめて短時間で据付できるようになつたほか、納期の短縮、破損率の低下など多くの利点がある。なおこの無調整式ではピン碍子でもラップ碍子でも自由に使用できる構造になつている。

台湾電力公司納 161kV, NHL 型断路器60台、中国電力株式会社新広島変電所納 115 kV, PHL 型断路器33台などが無調整式断路器を採用した一例である。

3.3 避 雷 器

日立ドライバルブ避雷器は、直列ギャップ用スペーサの改良、碍管表面の特殊処理、さらに乾燥、組立、密封方式に特別の改良を加え、商用周波放電開始電圧の変動は5% 以内である。すでに強制劣化試験および2年にわたる長期経年変化試験を終了し、その安定性を確認している。また昭和31年より32年にわたつて関西電力株式会社小曾根変電所で行われた 20 kV 級 Station Type 避

第2表 関西電力株式会社小曾根変電所 20 kV DLA 現地試験結果

	商用周波放電開始電圧 (kV)	衝撃放電開始電圧 (kV)	制限電圧		普通動作責務試験	特殊動作責務試験	衝撃放電耐量 (A)	中間周波放電開始電圧 (kV)	長時間放電耐量 (A)
			1,500 A (kV)	5,000 A (kV)					
現地試験委員会試験基準	40	90	85	100	1.4E	1.2E	20,000	75	300A (2 ms)
現地試験結果	61	75	75	86	正逆OK	正逆OK	19,500	83	360A (2 ms)
工場試験	60~62	80	71.5	86	1.8E 正逆OK	続流 (8.25A) 機 2.3EOK	100,000	78	700~800A (2 ms)

雷器の現地試験，また中部電力株式会社技術研究所で行われた 3,000 V 級配電線用避雷器の各社比較試験においていずれも標準品として最高の成績を示した。

3.4 調 相 用 機 器

東北電力株式会社平変電所納 20,000 kVA 屋外同期調相機 1 台および電力用コンデンサ多数を製作した。

電力用コンデンサは材料およびその処理方法について研究改良を進めた結果，その特性はさらに一段と進歩を示し，最近納入した 417 kVA コンデンサ数十台の誘電正切は全台 0.17% (20°Cにおいて) となつた。32年度も前年に引続き特別高压電力用コンデンサ設備を各所に納入したが，66 kV 級設備の増加が目だつた。

コンデンサ群容量の増大に伴つて，単器容量も増大の傾向にあるので，これに応ずるため 600 kVA 50〜 (720 kVA 60〜) を製作したが，特性の向上と設計の改善によつて温度上昇の点からもきわめて満足すべき結果を得た。

3.4.1 66 kV 10,000 kVA 電力用コンデンサ設備

東北電力株式会社平変電所納の本設備は 66 kV 母線に直接挿入され力率の改善ならびに電圧の調整を行うものである。設備の構成は，端子電圧 19 kV, 417 kVA コンデンサ 24 台，200 kVA 直列リアクトル 3 台，一次電圧 19 kV 放電コイル 6 台，66 kV 絶縁変圧器 3 台よりなり，第 12 図に示すように，コンデンサ，直列リアクトル，放電コイルは架台上に設置し放電コイルの二次電圧差を絶縁変圧器により継電器に導いて保護を行つている。

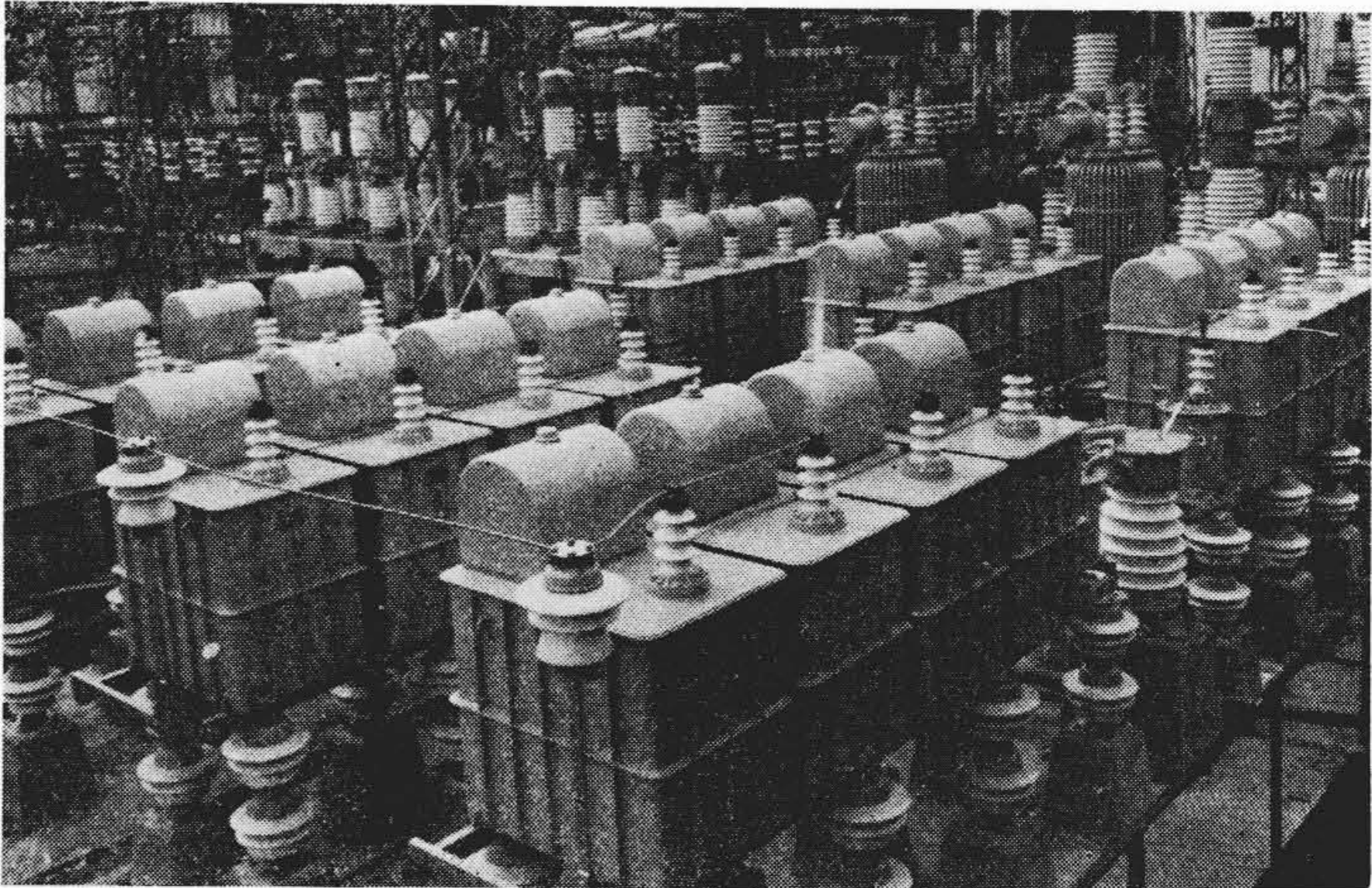
なお本変電所には 20,000 kVA 同期調相機も同時に納入され好調に運転されている。

第 3 表に進相用コンデンサ設備の容量および群数を示す。

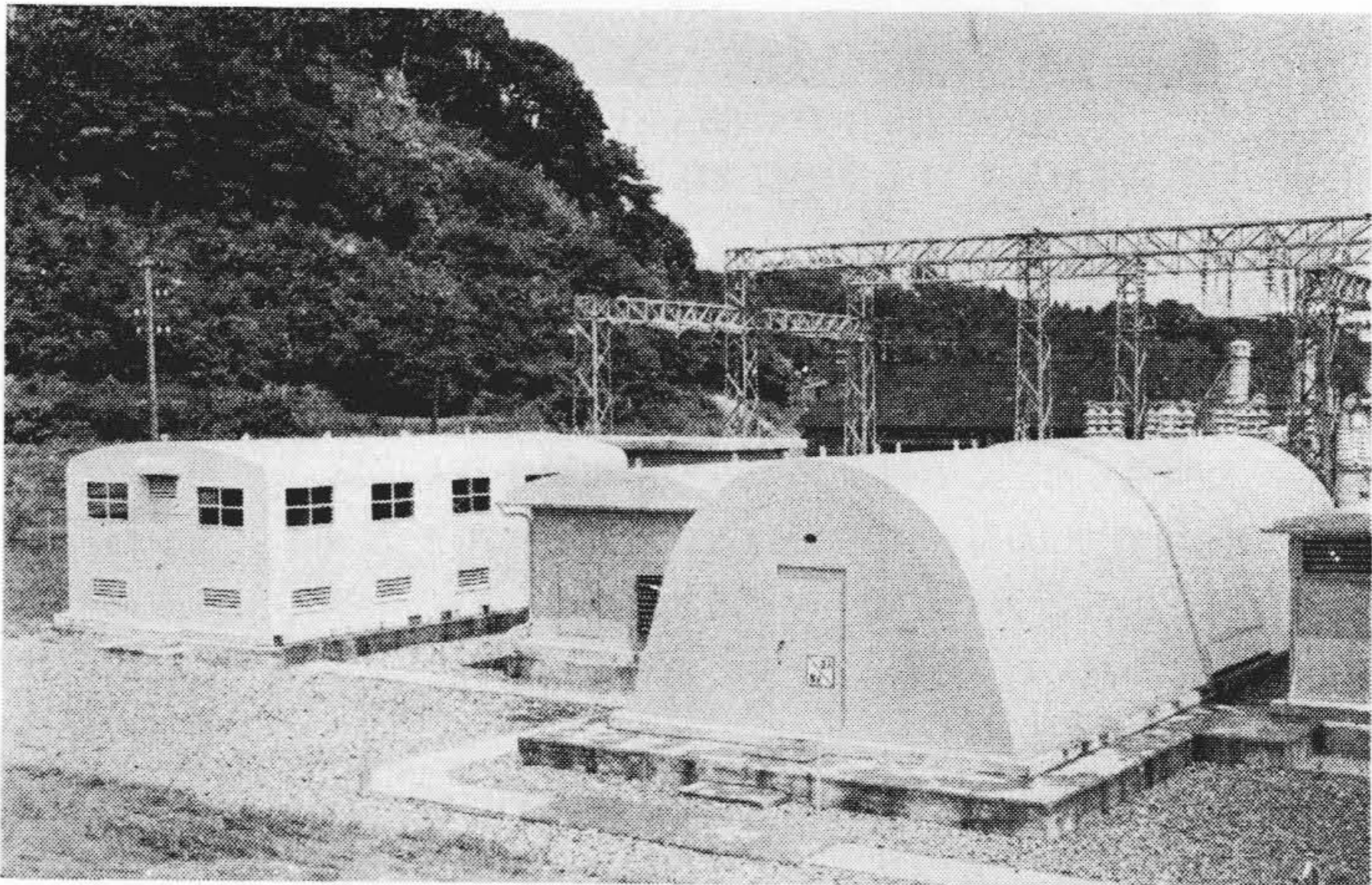
3.4.2 大容量コンデンサの特性について

最近のコンデンサ群容量がますます大きくなるにつれ単器容量も従来の 334, 417 kVA より 555, 625 kVA と増大の傾向にある。

このような大単器容量コンデンサの最も問題となるのは温度上昇である。コンデンサの温度上昇は普通カバーの上の温度上昇値をいつているが，コンデンサはその構造上外函における温度と内部最高温度間に差のあること



第 12 図 東北電力株式会社平変電所納66 kV 10,000 kVA 進相用コンデンサ設備



第 13 図 20,000 kVA 11 kV 屋外用同期調相機 (東北電力株式会社平変電所)

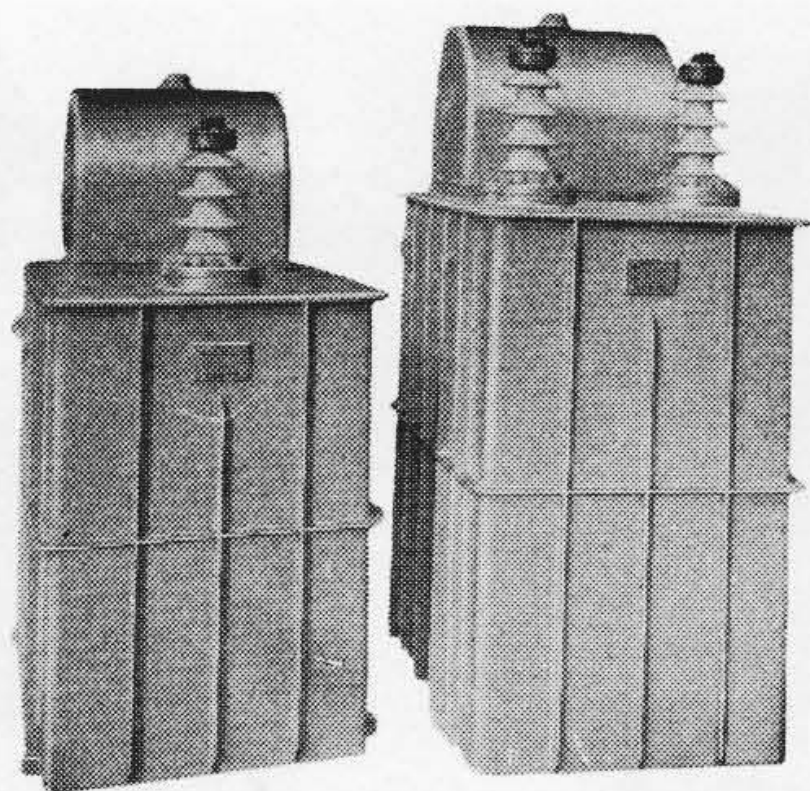
第 3 表 昭和32年度納入の 66 kV 進相用コンデンサ設備

納 先	群 容 量 (kVA)	周 波 数 ($\sim$)	群 数
東北電力平変電所	10,000	50	1
東京電力日立第三変電所	7,500	50	2
東北電力日和田変電所	10,000	50	1
新日本窒素肥料水俣工場	12,000	60	1

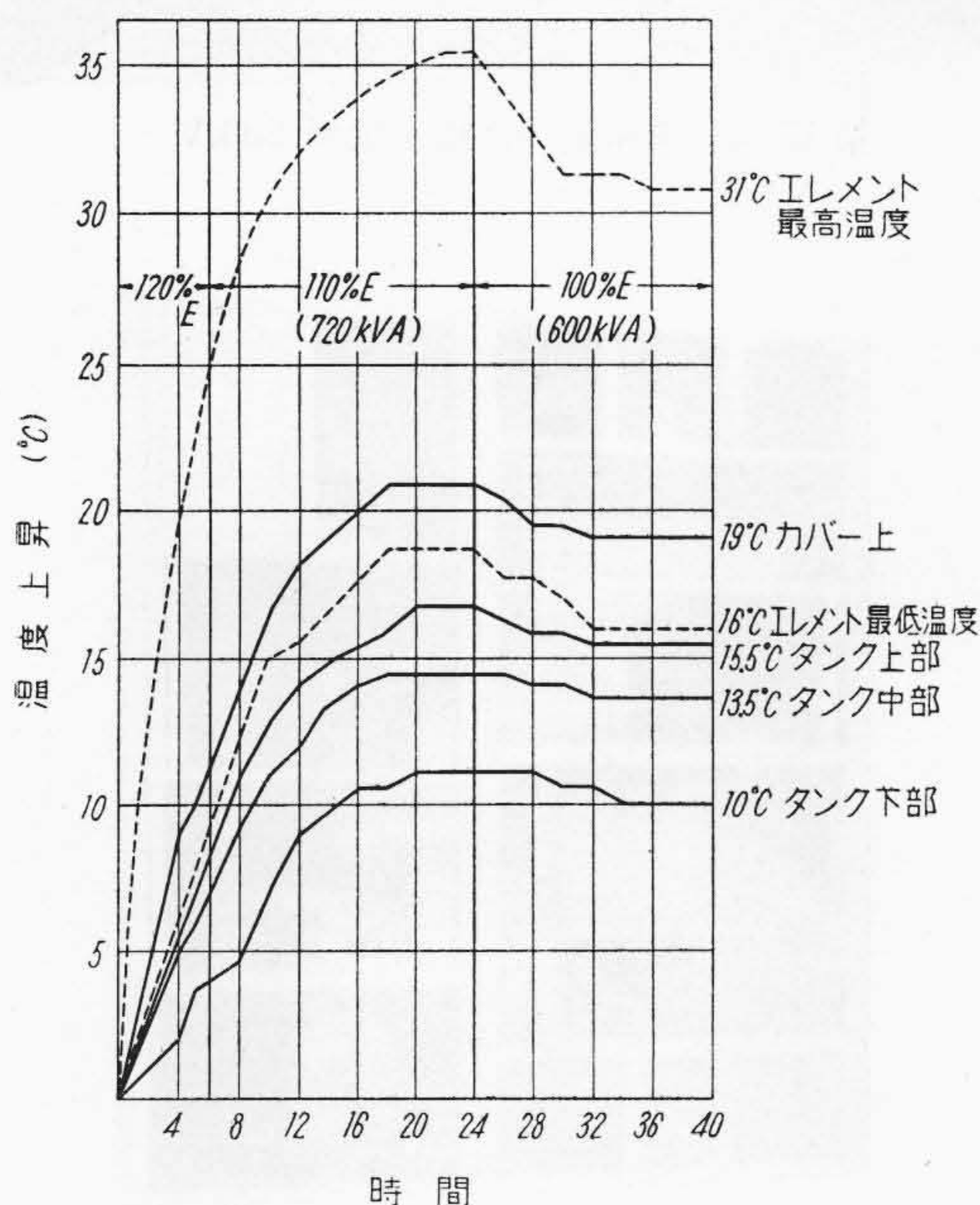
はまぬがれず，その温度差は大単器容量になるほど大きくなる。

したがつて温度差をできるだけ小さくし内部最高温度を下げるため特種設計と独特の処理方法を行い成果をあげている。

第 15 図は600 kVAコンデンサの温度上昇曲線である。内部最高温度は周囲温度 40°C のとき 71°C で，コンデ



第 14 図 600 kVA コンデンサ (左側は 417 kVA
コンデンサ)



第 15 図 600 kVA コンデンサ温度上昇曲線

ンサの最高許容温度 90°C に比して相当余裕があり、また 720 kVA $60\sim$ に使用しても最高内部温度は 75.5°C で、十分余裕のあることがわかる。

このように最近の大容量コンデンサは誘電特性の向上と冷却構造が改善されている。

3.5 交流変電所制御装置および配電盤

変電所の制御は合理的な運転制御を行うため、中央配電盤室または監視室に計測ならびに制御装置を持つ総括制御盤を設けて集中制御を行うようになってきた。このため中央制御盤には小型で監視しやすい SR_{35} 型広角度計器が使用され、表示装置には照明式のものが多く採用されるようになった。さらに大容量一次変電所などにおいては、照光模擬系統盤をもうけ、変電所全体の運転状況を一目瞭然たらしめるとともに、制御盤よりの操作に

これを連繫させ制御の迅速、適確を期している。

保護方式としては従来は、電力平衡保護方式、方向過電流保護方式が主であったが、系統の連繫から、必然的にすぐれた性能を有する保護方式に改められる趨勢があり、一回線送電時、並行二回線送電時のいずれにも適用でき、高速度で適確な保護を行う距離継電方式が多く採用されるようになった。また特に重要送電線の保護には搬送距離継電方式が採用されている。

多端子並行送電線の保護は従来から難問題の一つであったが、搬送指令信号によるいつせい指令方式が開発され、同時高速度遮断が可能になり、安定度向上に役だっている。このほか搬送波を介して両端の電流位相を比較する電流位相比較方式も採用される気運にある。

遠方監視制御方式は発、変電所などの制御に近年ますます広く採用されるようになり、特に日立パルスコード型は2本の連絡線を使用して、適確、迅速な機器の制御監視を行うことができ、パルスコードを直接または搬送波に乗せるいずれの方式にも適用することができるので各所に応用されている。また制御所から多数の被制御所の遠方監視制御もいよいよ実施の段階にあり、これら装置もユニット式による新型に移行しつつある。

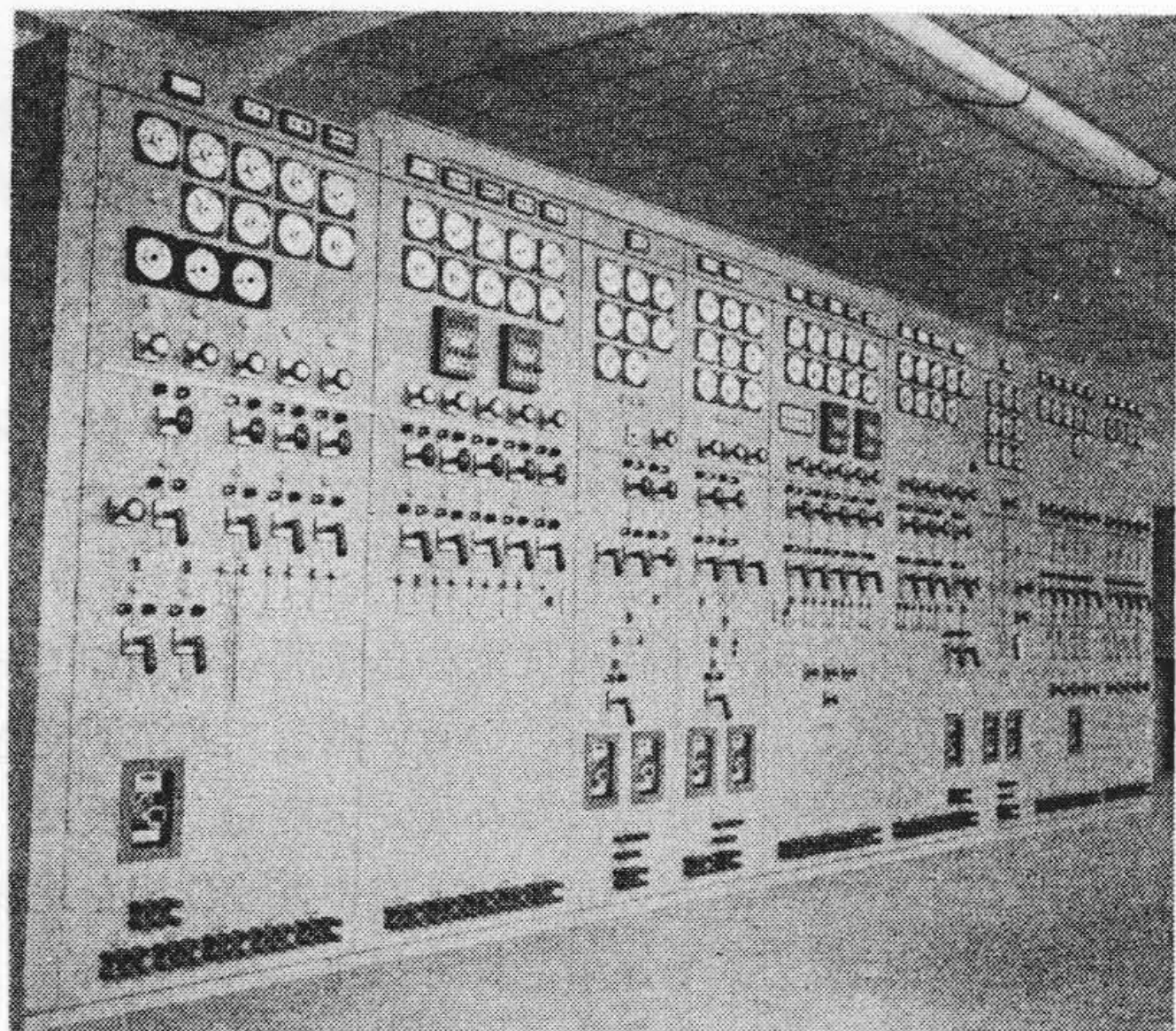
さらにまた数キロメートル以内程度の近距離の遠方制御には、連絡線の切替を行わず、機器ごとに専用の連絡線を用い、これを操作監視に共通に使用する直接式遠方監視制御方式が開発され各所に採用された。

ユニットサブステーション様式による配電用変電所は建屋の省略、保守人員の縮減、全設備の簡易標準化、負荷中心地に建設の迅速、容易などの観点から、ここ数年間普及発達の一途をたどり、今年には十数箇所、総容量数十万 kVA に及んだ。またユニット容量も従来の $3,000\text{ kVA}$ から $6,000\sim 10,000\text{ kVA}$ に増大している。

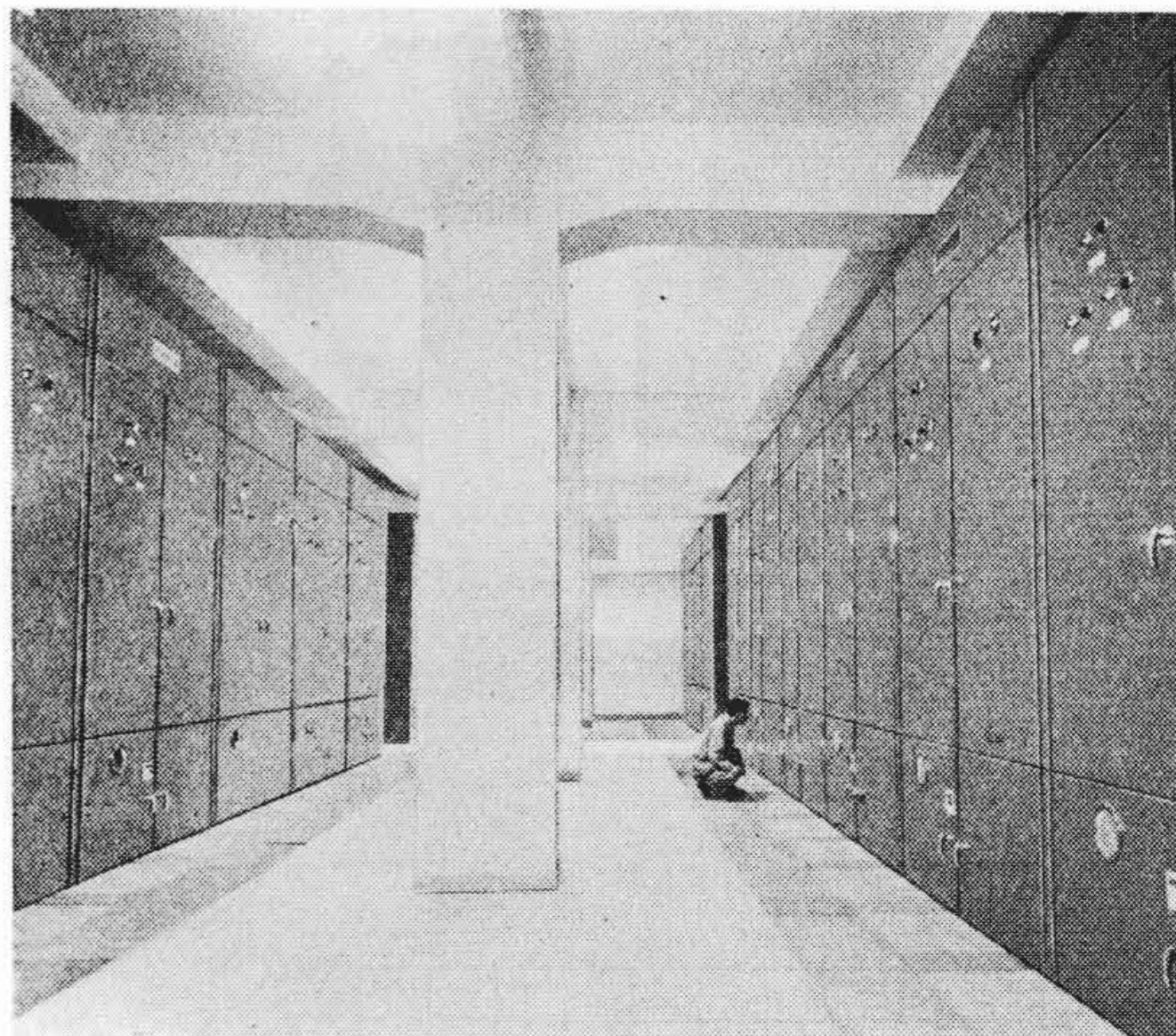
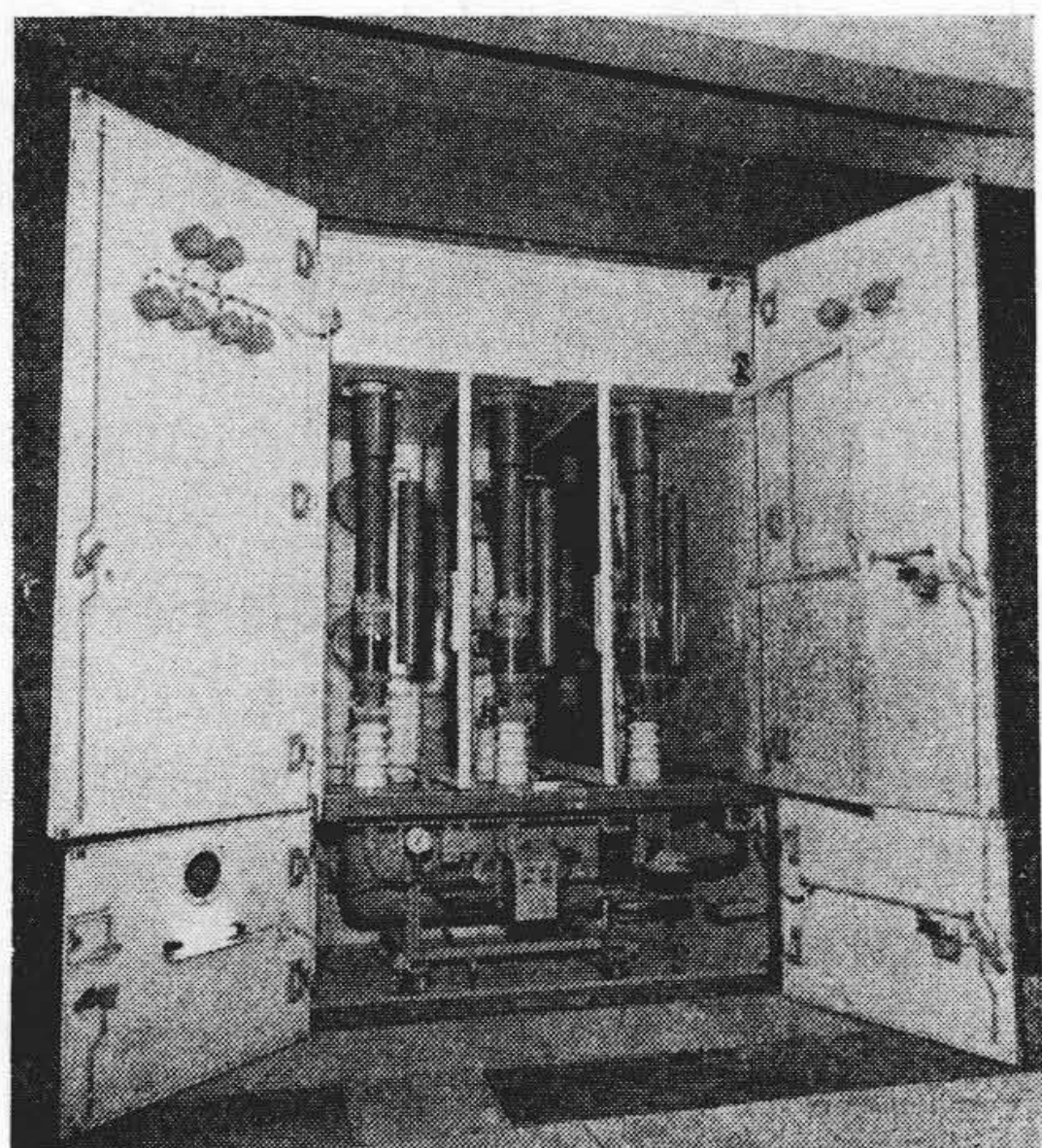
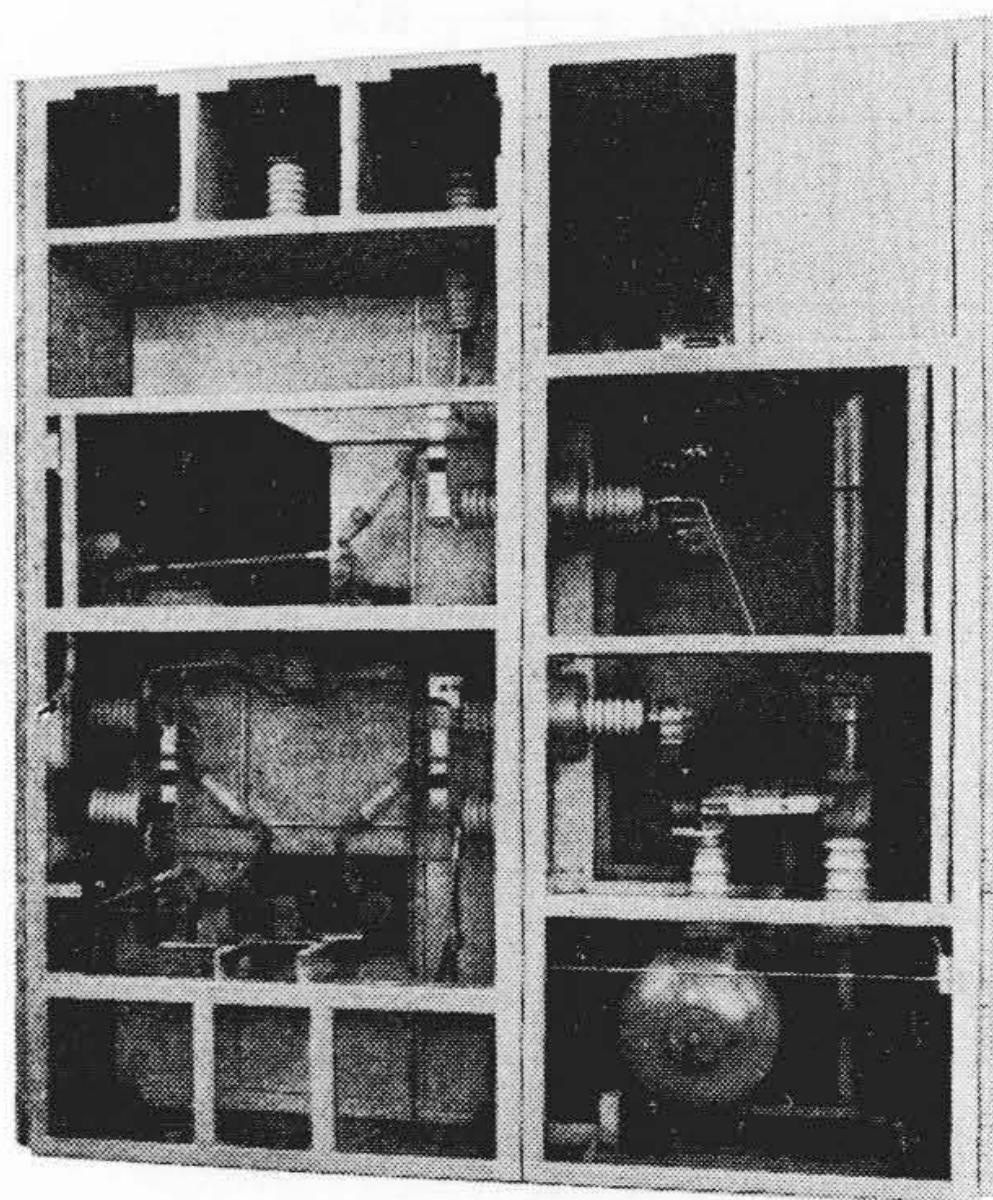
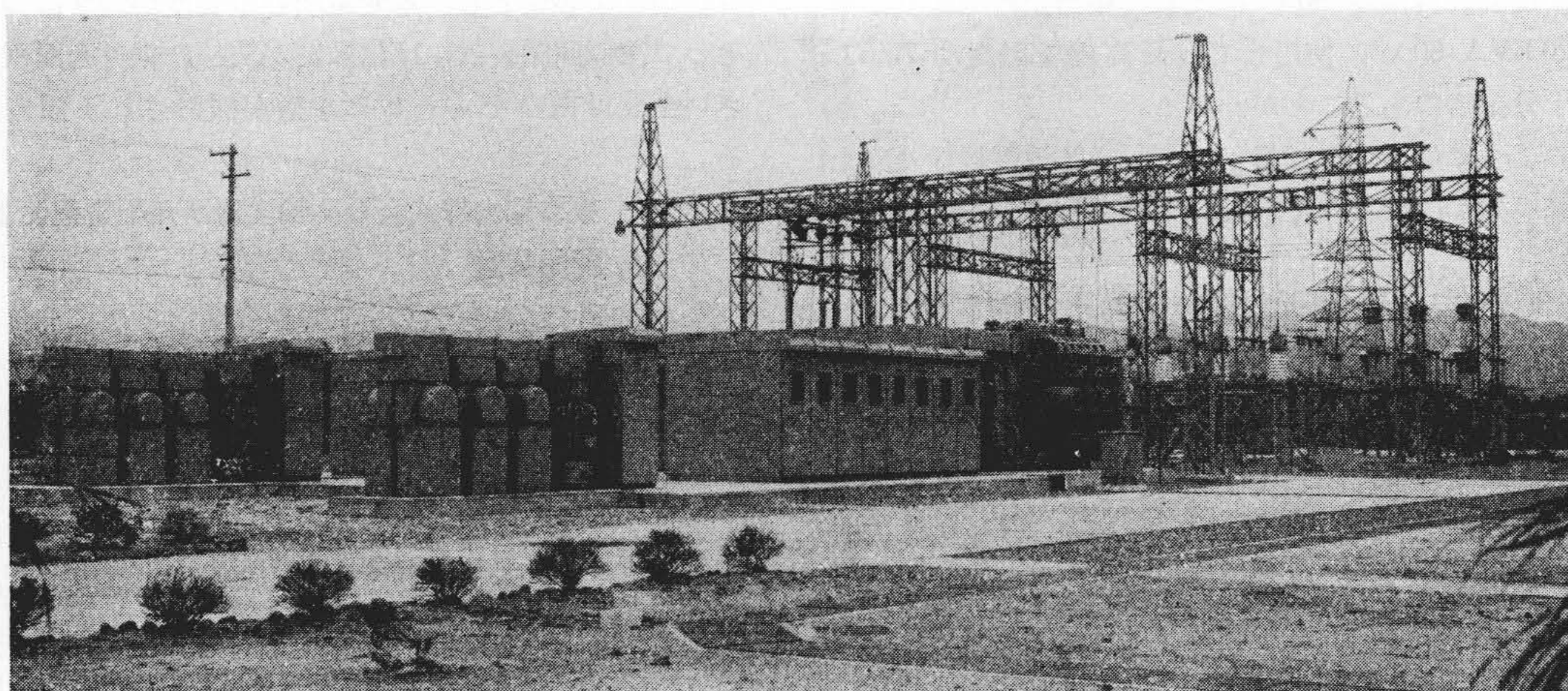
大都市における負荷需要の増大から市内中間変電所の容量増加を必要とし、本変電所の重要度が増すにつれ、その二次側開閉装置には信頼度が高く、据付床面積の小さい全装可搬のキュービクル型が採用される傾向にある。

3.5.1 東京電力株式会社高輪変電所用配電盤および開閉装置

本変電所は都心 20 kV 系統の過負荷ならびに重負荷を救済する目的で、既設 $20/3\text{ kV}$ $6,000\text{ kVA}$ 配電用変電所に $45,000\text{ kVA}$ 主変圧器および 20 kV 電源が新設された。変電所の制御、監視、保護に対しては、制御盤と継電器盤を設置、制御は2段操作式の開閉器により操作の確実を期している。保護方式には 20 kV 送電線には高速度過電流継電器と低電圧継電器の組合せによる簡易インピーダンス保護方式を使用、また接地保護には新たに開発された限時特性の IHG 型誘導型方向接地継電器が採



第16図 東京電力高輪変電所用配電盤

第17図 東京電力高輪変電所 20 kV
スイッチキュービクル第18図 20 kV スwitchキュービクルの
空気遮断器室第19図 20 kV 饋電線用スイッチキュービ
クルの内部構造

第20図 関西電力株式会社尾崎ユニットサブステーション

用されている。第16図は配電盤を示す。

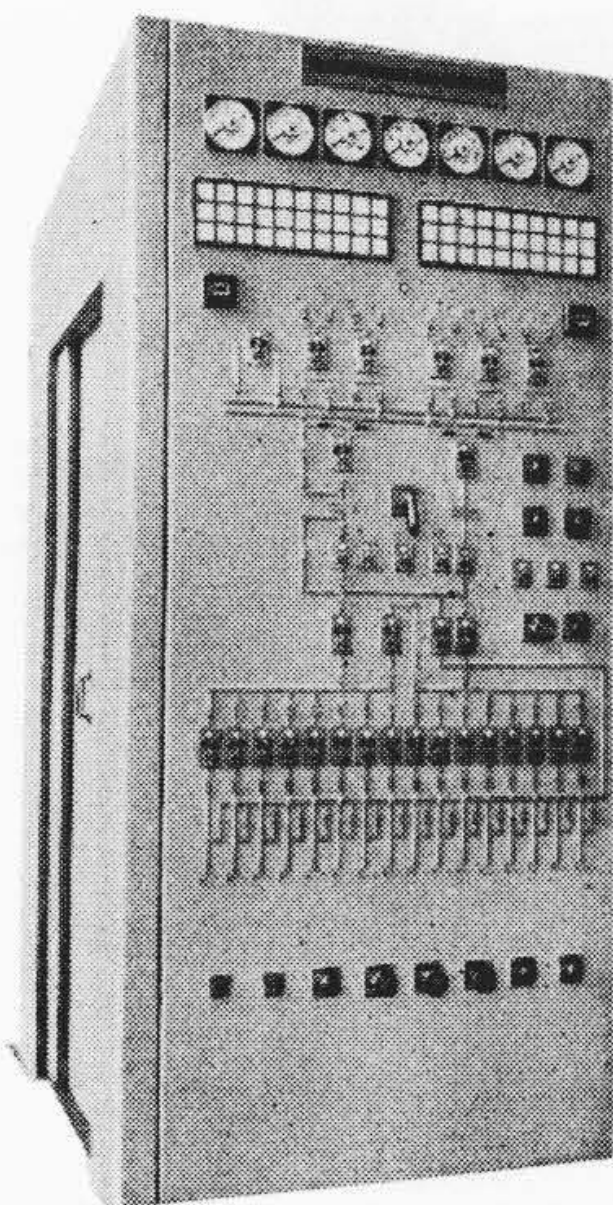
20kV 側開閉装置には安全で小型のキュービクルが採用され、火災に備えて遮断器は遮断容量1,000 MVA の空気遮断器を使用、計器用変圧器は不燃油入室素封入型としている。第17図は20 kV キュービクル、第18図は饋電用キュービクルの遮断器室を、第19図はその内部構造を示す。本キュービクルの絶縁強度は相間隔壁による徹底した相分離方式で強化され、誤操作防止用インターロックの完備、防音構造にも万全を期している。なお饋電線側断路器はケーブルの接続点検に便利のため三極同時あるいは任意の一極のみ操作可能としてある。

3.5.2 配電用変電所の配電盤

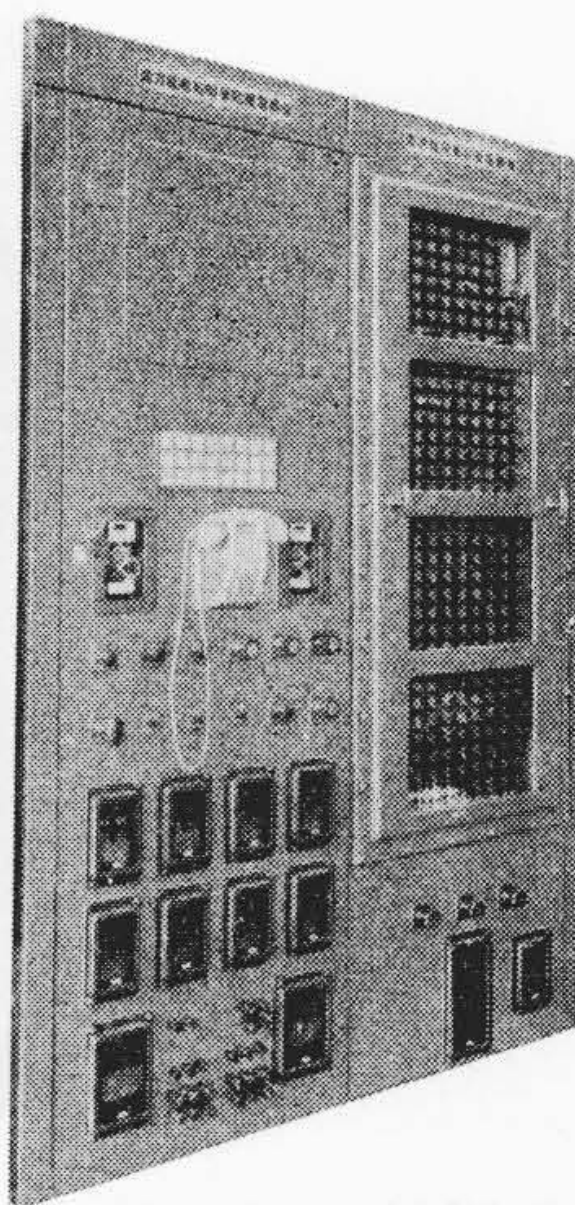
関西電力株式会社尾崎変電所は70/6-3 kV 6,000 kVA ユニット、配電線10回線を有する配電用変電所で、二次開閉装置として、屋外メタルクラッドによるユニットサブステーション様式を採用した。二次側遮断器としては遮断容量100~150 MVA の磁気遮断器が採用されている。第20図は本変電所屋外機器の全景で、これらは配電盤室の縮小型制御盤より集中制御され、配電線の自動再閉合方式の採用などにより少数勤務員による監視制御を容易にしている。

3.5.3 遠方監視制御装置

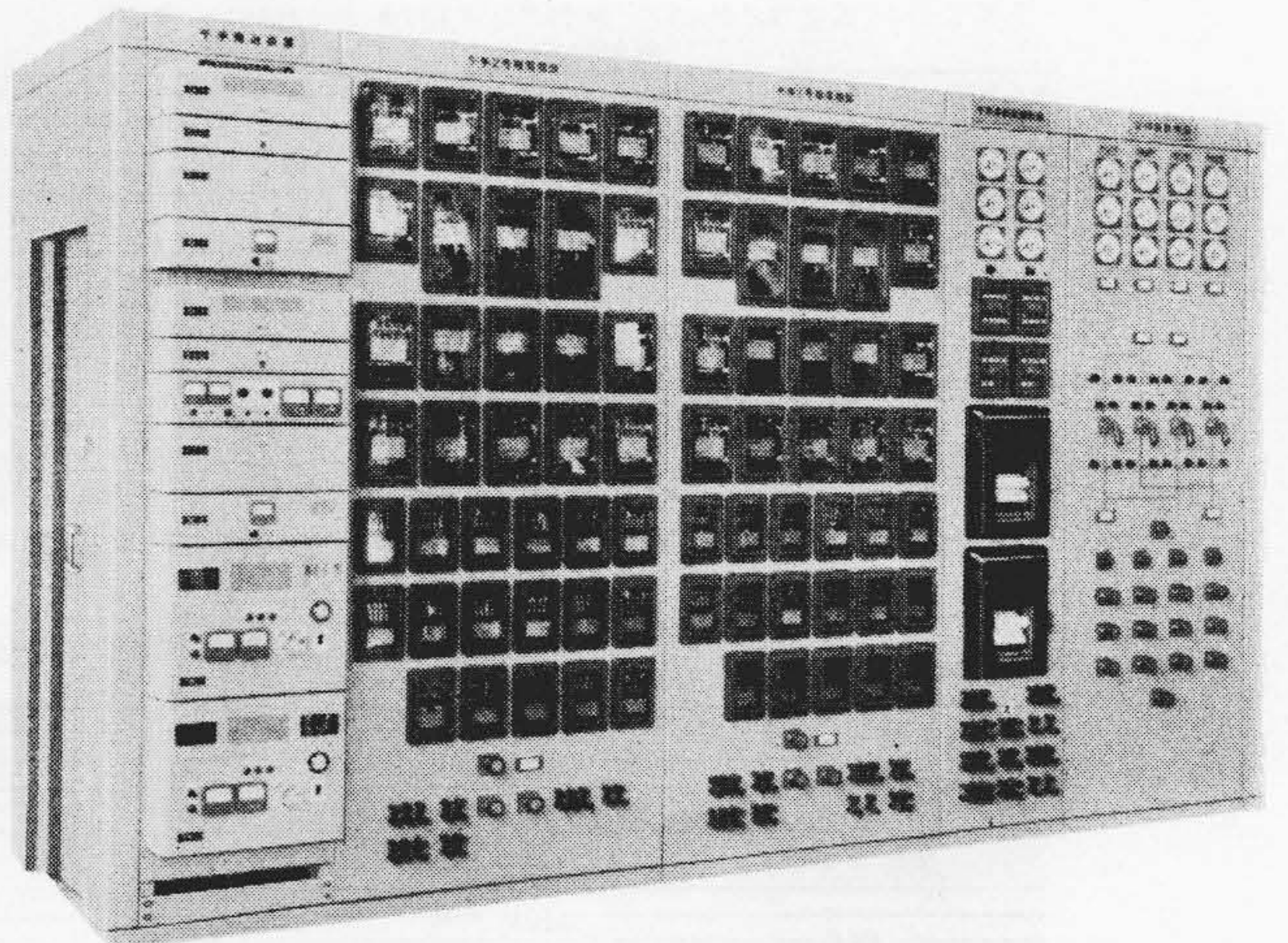
日立パルスコード型遠方監視制御装置はすでに各電力会社に納入され良好な運転実績をあげているが、昭和32年度も北海道電力株式会社富岡変電所用のほか多数製作した。東京電力株式会社では東京都内変電所の集中制御計画を着々と進めているが、これに呼応して信頼度の高いパルスコード型遠方監視制御装置を納入してきた。



第21図 遠方監視制御盤



第22図 遠方監視被制御盤



第23図 距離搬送保護継電装置（高速度三相再閉路装置付）

これらの装置の仕様は標準化され、設備の簡素化と保守の容易を要望されている。このため選択、監視、操作およびテレメータ各回路をユニット化し、使用継電器の節減、回路の簡略化、器具番号の統一および配線方式の改善したものを設計製作した。一例として高輪変電所から2.5 km 離れた飯倉変電所を制御するものを示す。第21、22図はそれぞれ本装置の制御所制御盤、被制御所用継電器盤の外観である。これらは選択数は群7個、個別7個よりなり総計49選択となつている。

また、テレメータはバンク電圧、電流、饋電線電流および負荷時電圧調整器のタップ位置であるが、いずれも整流直送式を採用し線路雑音の影響をうけず保守点検容易なものとした。

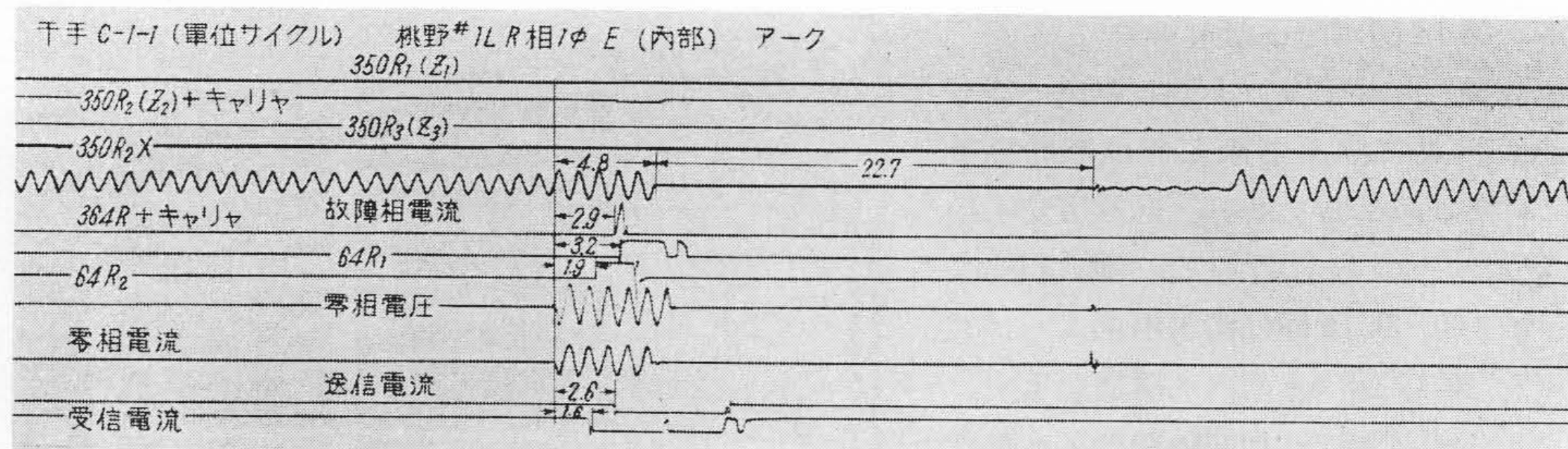
3.5.4 搬送保護継電装置

140 kV 信濃川送電線は国鉄電化の大動脈であるが、昭和31年末千手発電所、桃野開閉所間並行2回線保護用として日立距離搬送保護継電装置が納入され、本装置の性能を確認するため昭和32年3月27日より4日間にわたり大規模な人工故障試験が実施された。試験種別は保護区間内外の1線接地、2線接地であり総計20回実施されたが全試験を通じて5サイクル遮断を達成し付属三相再閉路装置も再閉路無電圧時間20サイクル前後で適確に動作し所期の成果をあげた。

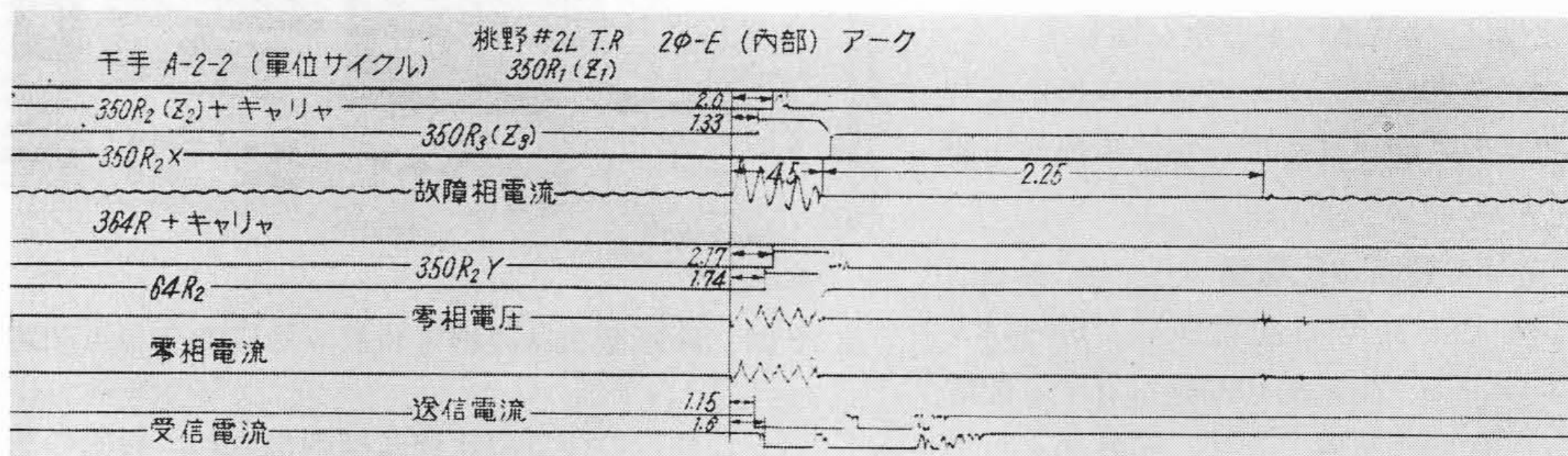
なお本装置は短絡保護としては高速度インピーダンス継電器、1線地絡用としては高速度電力方向継電器をそれぞれ主保護継電器とし搬送方式としては非変調異周波常時送受信方式を採用している。

第23図は本装置の外観を示し、第24、25図は人工故障試験の動作オシログラムの一例である。

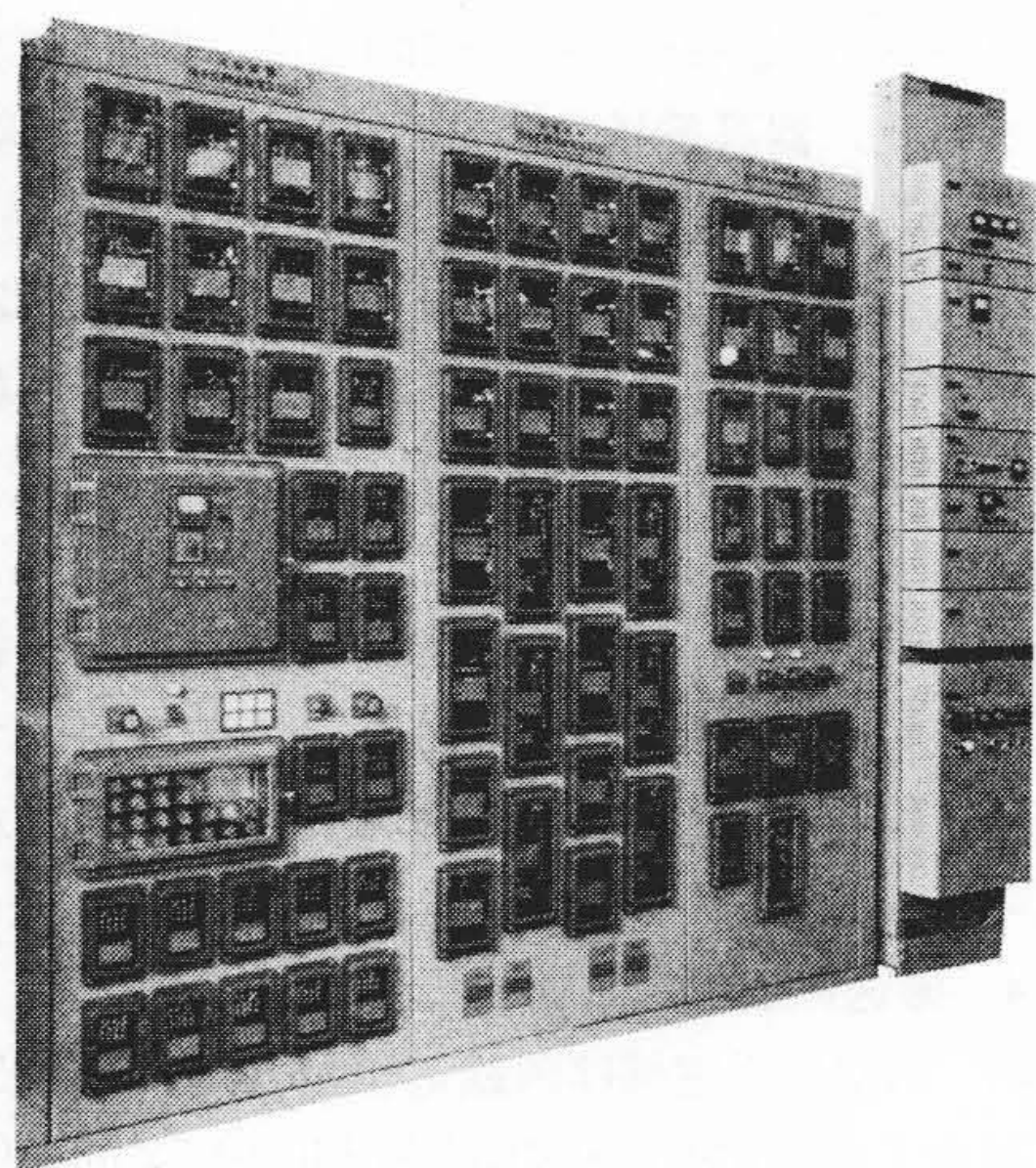
さきに多端子送電線保護用として独特の指令式搬送保護継電装置を試作し、昭和30年7月中部電力株式会社



第 24 図 動作オシログラム (千手発電所 1 号線 R 相内部 1 線接地)



第 25 図 動作オシログラム (千手発電所 1 号線 T R 相内部 2 線接地)



第 26 図 指令式搬送保護継電装置 (進相短絡優先回路付)

154 kV 天竜幹線において行われた人工故障試験ですぐれた性能が確認された。その後本装置は製品化され今回厳重な立会試験に合格し現地納入の運びとなった。

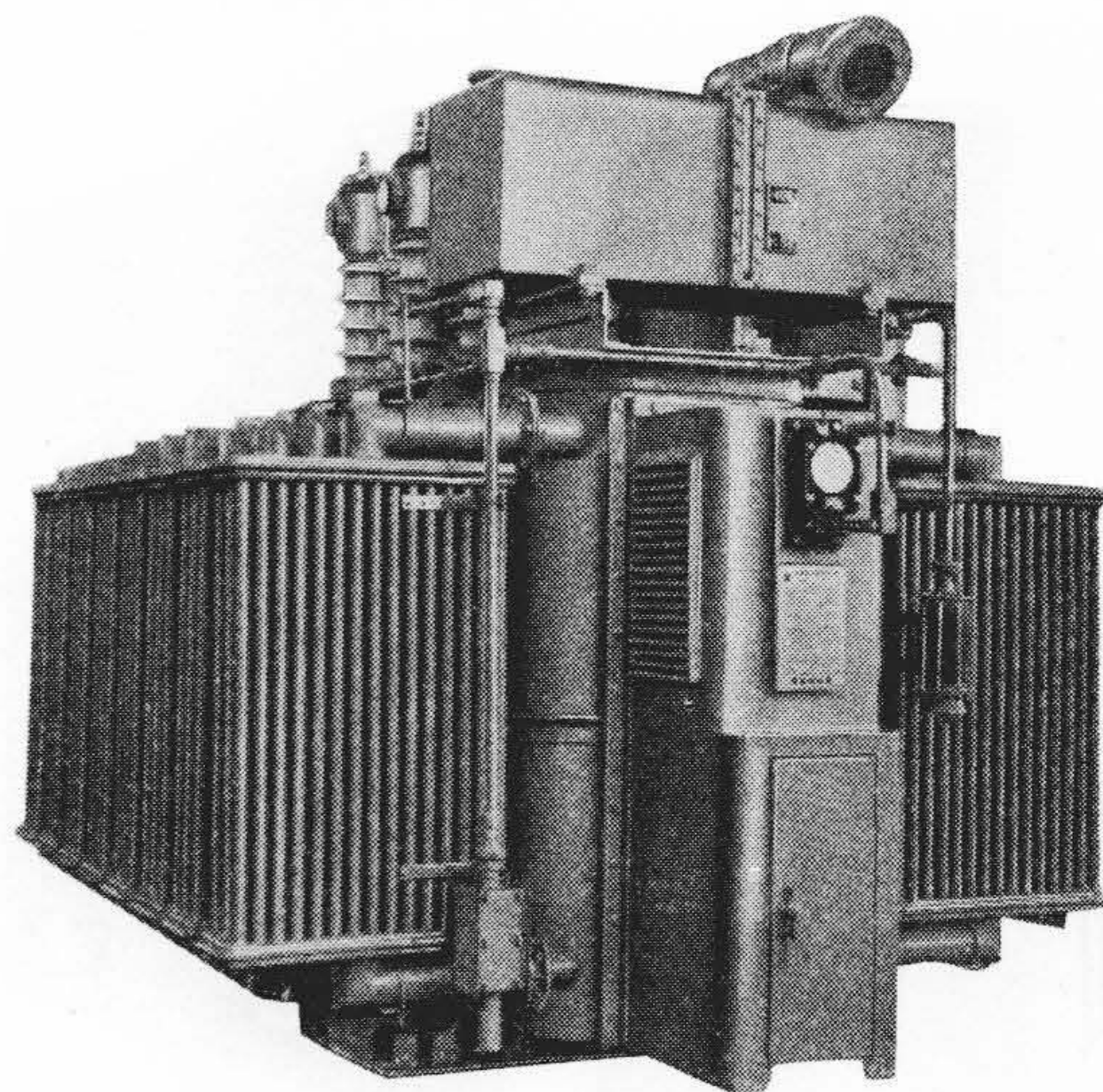
本装置は並行 2 回線 4 端子保護用搬送保護継電装置であつて、主保護継電器としては高速度選択方向継電器を使用し、保護区間内の故障は、各端子の選択継電器によつて検出し、これが最も早く動作した端局からくり返しパルスを送信し、ほかの端局はこの信号を受信して電子管カウンタで計数し、信号の確認を行つたのち遮断器を引きはずす方式である。また、信号は S/N 改善度の高い FS 方式を採用し、本方式の死命を制する搬送方式の性能に万全を期している。

第 26 図は本装置の外観を示す。

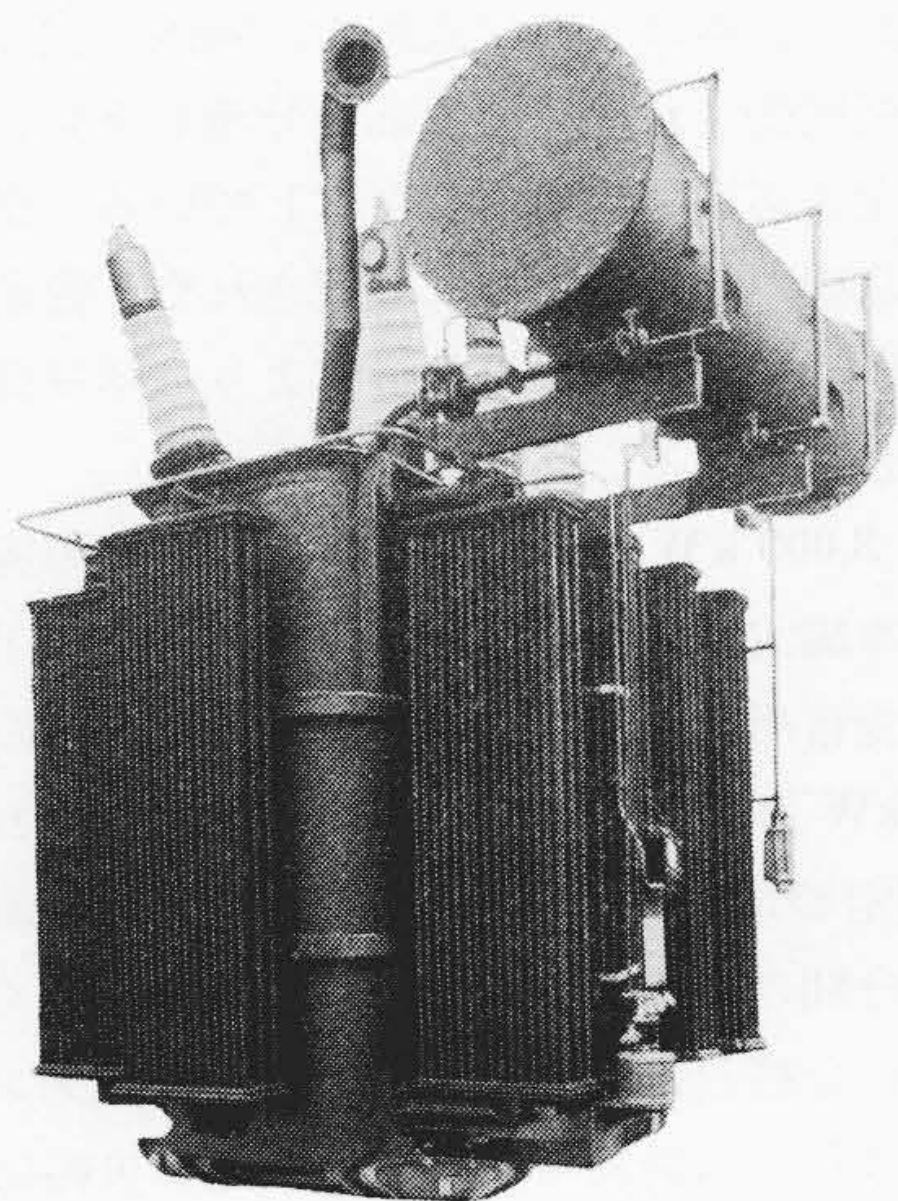
3.6 整流器用変圧器

最近の半導体整流器の利用はめざましいものがあり、低電圧大電流の化学工業用直流電源として登場してきた。このため新たに半導体整流器用変圧器の製作を開始するとともに、従来の水銀整流器用変圧器においても、性能、構造、取扱いの点で一段と進歩の跡がみられる。

特に半導体整流器用変圧器は、負荷条件と整流体の特質を十分に検討のうえその電圧調整結線方式を決定せねばならず、また低電圧大電流機器としての構造にも十分の考慮を払い、整流器に最も適したものとなつている。



第 27 図 京阪電鉄六地藏変電所納 1,710/2,420 kVA 全装可搬型水銀整流器用変圧器 (一次側絶縁階級 30 号)



第 28 図 国鉄東北線各変電所納 3,435/4,835 kVA
水銀整流器用変圧器（一次側絶縁階級60号）

3.6.1 水銀整流器用変圧器

32年度の水銀整流器用変圧器は活況を呈し、種々の特筆すべき製品を完成した。

京阪電鉄株式会社六地藏変電所に納入した受電20kV, 1,500 kW 用のものは現在中型電力用変圧器の標準となっている全装可搬型を採用し、現地組立保守の簡便を図った。

さらに現在は移動変電所用の変圧器を製作中で、今後この種変圧器の発展が期待される。

窒素封入型コンサベータを採用する傾向も漸次多くなり、すでに日本国有鉄道その他に多数納入あるいは受注製作中であり、これもますます増大する見込みである。

さらにJECの改訂に伴い、定格は A, B, C, D, E の5種に変わることになったが、日本国有鉄道では卒先して電鉄用にE種定格の採用を決定され、信濃町変電所に20kV 受電 3,000 kW 用2台を納入したのを初めとし、東北線日光線各変電所用として60 kV 受電, 3,000 kW 用2台, 2,000 kW 用14台を製作中で大部分はすでに据付を完了し運転開始を待っている。

3.6.2 ゲルマニウム整流器用変圧器

最近ゲルマニウム、シリコンなどの半導体整流器の実用化によつて、従来の整流器にみられなかつた低電圧、大電流の設備が計画されるようになった。これに使用される変圧器もその構造に対して特別な考慮が払われている。ゲルマニウム整流器用変圧器としてすでに吉富製薬株式会社に直流 5,000 A, 28 V 用を納入したが、さらに現在 12,500 A, 140 V および 12,000 A, 112 V 用などの大電流用変圧器を製作中である。

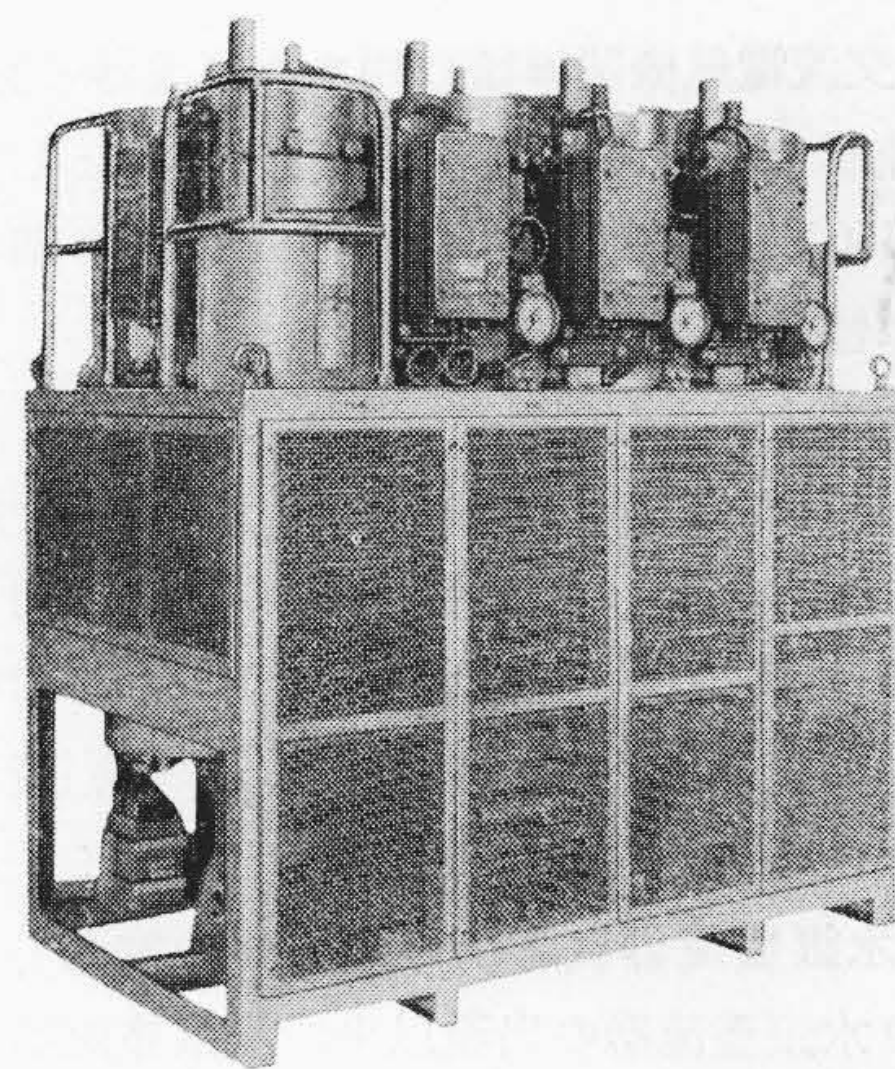
なお半導体整流器は、一般に単位電流容量がほかの整流器に比べ小さいので、大電流用では多数並列に使用す

るが、必要な場合にはこの並列素子間の電流不平衡をなくすため、特殊な構造の電流平衡リアクトルを使用することがあり、前記3例にはそれぞれ2~5個並列用のリアクトルを付属せしめてある。

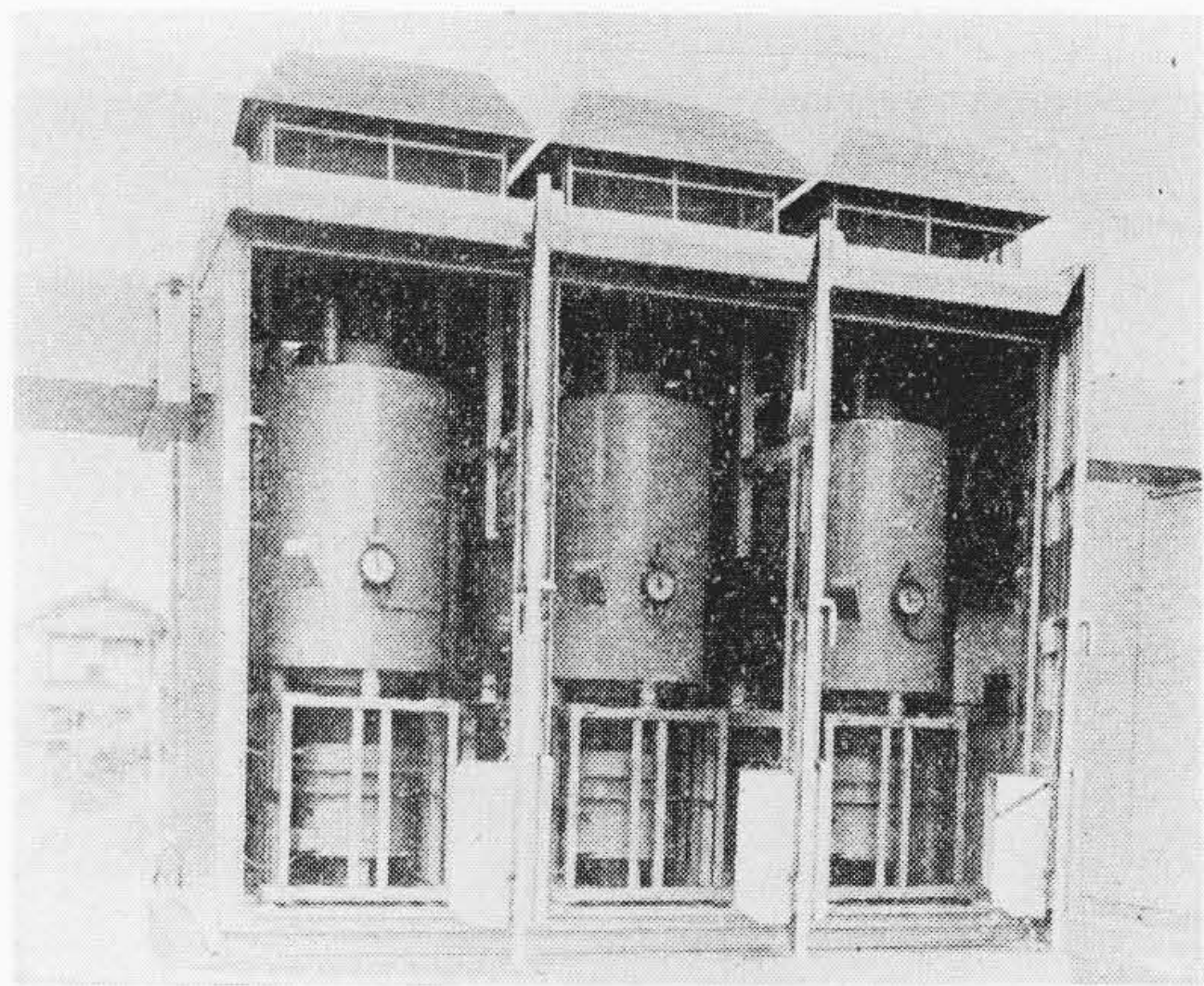
3.7 整 流 器

水銀整流器の分野においては、封じ切り水銀整流器はすでに長年月の運転実績をあげて不動の地歩を占め、32年度においては、さらに進んでその適用方面が研究開発され成果をあげている。

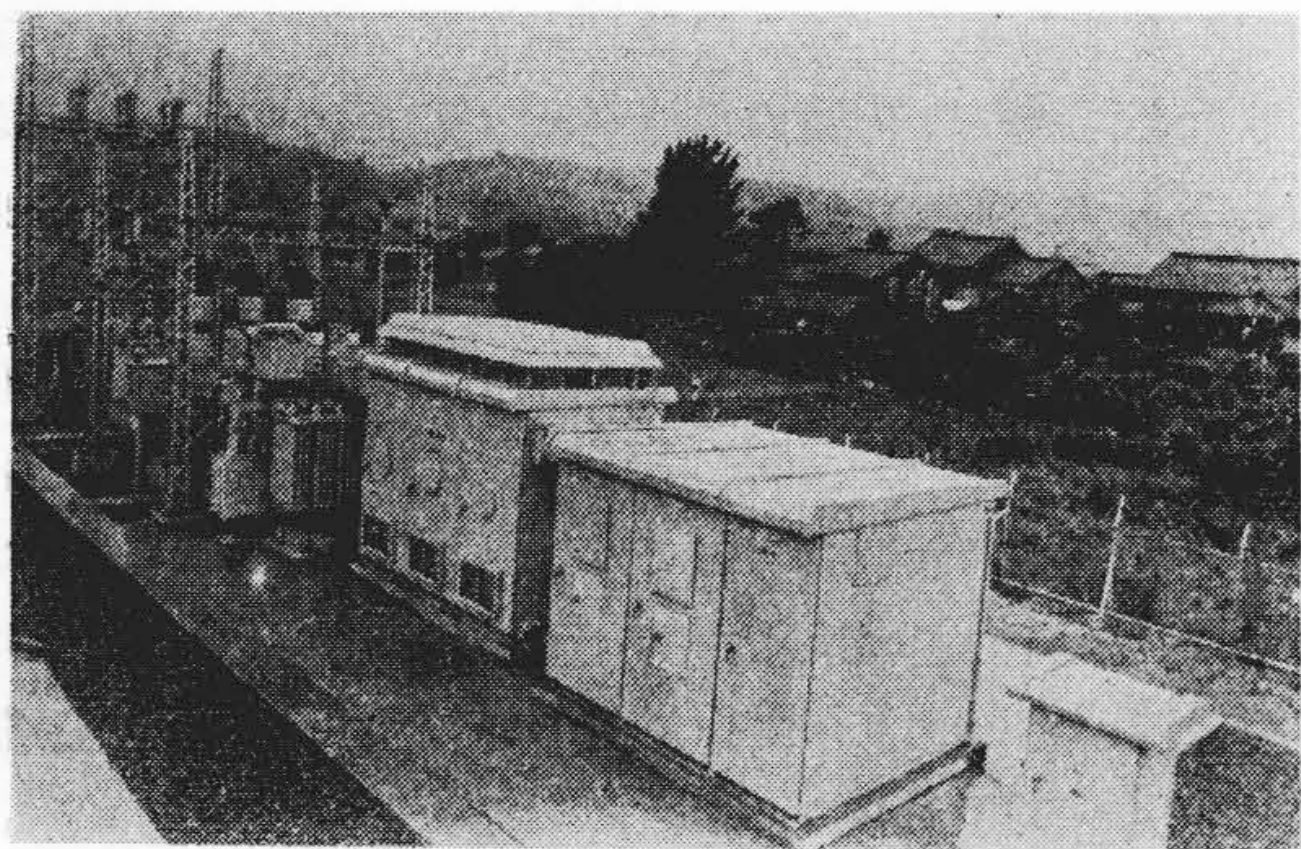
電鉄地上変電所用として過負荷耐量が検討され、JECの改訂をみてE種定格が採用され、逆弧確率の算定が明確にされた。また日本国有鉄道幹線電化の分布変電所群への適用が決定し、無人変電所に適した構造が採用された。交流電化用交流電気機関車や交直両用電車に積載する水銀整流器としては、定格構造ともに車輛積載用に適合するものが開発し製作されている。



第 29 図 国鉄納交流電気機関車 ED 4521 用
1,600 kW/650 V 1時間定格水銀整流器セット



第 30 図 京阪電鉄六地藏変電所 1,500 kW/600 V
超重負荷公称封じ切り風冷エクサイトロン



第 31 図 京阪電鉄六地蔵変電所納直流
1,500 kW/600 V ユニットサブステーション

また一方化学工業の分野においては、ゲルマニウム整流器、シリコン整流器などの、半導体金属整流器が開発されたことは特筆すべきことであつた。大電流低電圧用直流電源としては、変換効率水銀整流器やセレン整流器にまさり、ゲルマニウムおよびシリコン整流器は不動の地位を確立したといふことができる。

3.7.1 交流電気機関車積載用水銀整流器の完成

水銀整流器を積載する交流電気機関車用として、単相全波整流 650 V 1,600 kW の出力を有する 8 個の風冷式封じ切り単極整流器を製作した。

これは冷却方式としては従来どおり風冷式として十分の信頼度を確保しつつ、床面積と重量の軽減を計り、エキサイترون方式として、耐震性と信頼度の向上を計つた。本器はすでに日本国有鉄道に納入されて 32 年 9 月より好調裡に仙山線で活躍している。これに引続き交直両用電車用水銀整流器も製作されている。

3.7.2 水銀整流器変電所の無人化の推進

封じ切り水銀整流器の出現以来、水銀整流器変電所の無人化の傾向は決定的となり、本年度大多数の無人変電所が計画された。京阪電鉄株式会社六地蔵変電所に納入された。1,500 kW 600 V の屋外型ユニット変電所用封



第 32 図 国鉄信濃町変電所 3000 kW/1500 V
E 種定格封じ切り風冷エキサイترون

じ切り水銀整流器はその代表例で、隣接の伏見変電所より遠方監視制御され、必要に応じ分割しトレーラーに塔載され、全装可搬される特長を有している。また日本国有鉄道東北線の幹線電化用に設置された 8 箇所の水銀整流器変電所は宇都宮の中央指令室より一括制御される方式を採用されている。

3.7.3 3,000 kW 1,500 V E 種定格器の完成

最近電車編成の増大と、列車電車のスピードアップに伴い地上変電所容量が増加して、水銀整流器の単器容量は 3,000 kW が通常使用されるに至つた。これは JEC-133 E 種定格に相当するもので、過負荷耐量としては 300 % 1 分間の負尖頭荷を 9 分間隔にて 10 回くり返す苛酷な試験に合格したものである。これを 6 タンクにて完成したのはわが国最初で日本国有鉄道中央線信濃町変電所に 2 セット納入した。本器は特にデッドフロント型となつており、隣接の新宿変電所より遠方制御される。

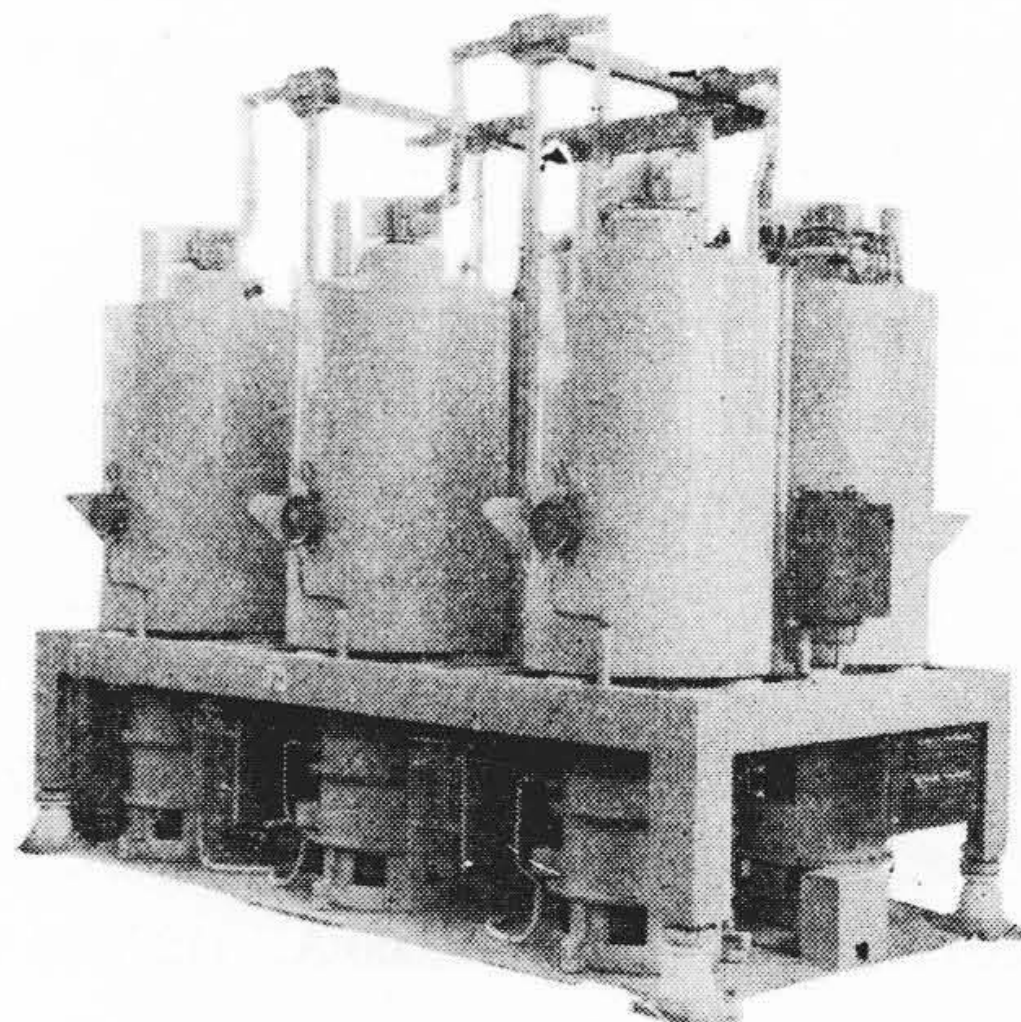
3.7.4 東北線幹線電化用分布変電所群の完成

日本国有鉄道の幹線電化 5 箇年計画の一環として、東北線の電化にあたり多数の無人変電所群が計画され、これらの変電所機器が一括して日立製作所にて製作された。これらは 3,000 kW および 2,000 kW 1,500 V の E 種定格の風冷式封じ切り水銀整流器を主体とするものであつて、宇都宮中央監視室より遠方監視制御される方式である。なお変電所名は下記のとおりである。

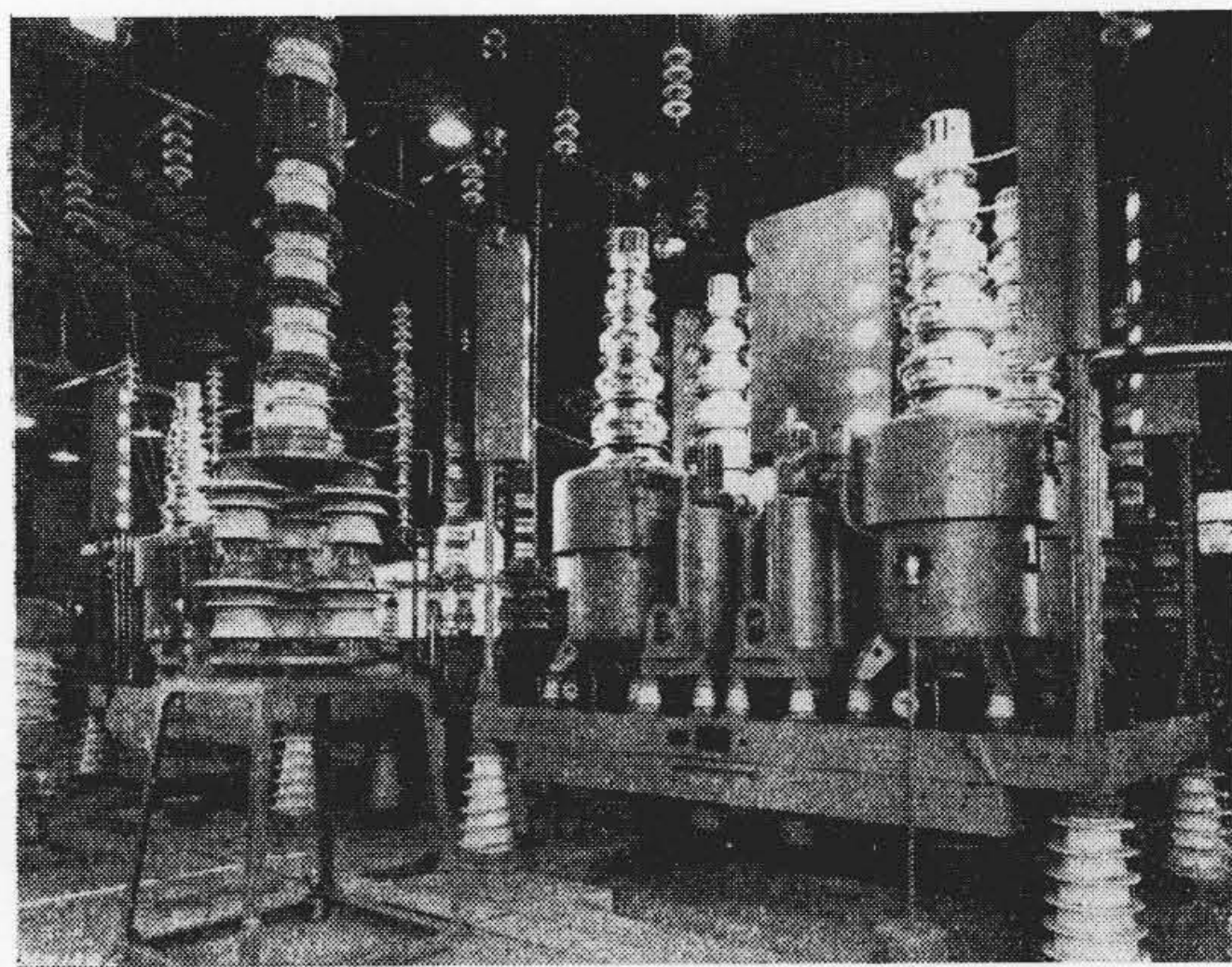
蓮田変電所	3,000 kW	小山変電所	3,000 kW
久喜変電所	3,000 kW	小金井変電所	2,000 kW
栗橋変電所	3,000 kW	雀宮変電所	2,000 kW
間々田変電所	3,000 kW	宇都宮変電所	3,000 kW

3.7.5 電動応用水銀整流器研究の進展

定格電圧 750 V 級定格電流 1,000, 1,600, 2,400 A 級の各種封じ切り整流器について広範囲長時間の順変換および逆変換負荷の試験を行い、電動応用において出現



第 33 図 国鉄東北線宇都宮変電所納
3,000 kW/1500 V E 種定格封じ切り風冷
エキサイترون



第 34 図 電気試験所納 1,000 kW 50 kW
超高压直流送電用順逆変換装置

する種々な負荷責務に対する、封じ切り整流器の負担能力が明らかにされた。特に周波数変換装置の究明、冷間可逆ミル回路の研究およびタービン発電機励磁電源の諸研究は電動力応用実験室および蒸気動力実験室の実用の規模において行われた。このほか定電圧制御、定電流制御、定速制御、インパクト降下補償などの研究は新たに開発された広角度および超広角度自動移相器を使用して行われた。これらの成果は、近く完成する住友金属工業株式会社納線材ミル設備および東北大学金属研究所納超強磁界発生装置などの応用に効果を発揮している。

このほか、日立製作所日立工場の検査設備電源として 3,150 kW, 1,500 V のものが設置される予定で、これも近く完成する。

3.7.6 超高压直流送電用高压整流器研究の発展

かねて電気試験所と協同研究を行っていた 1,000 kW 50 kV 高压順逆変換装置は主として回路に関連する研究を行ってきたが、総合的にその結果を応用することによって自動制動装置なしで連続安定運転可能な域に達し展示会を行つた。この装置は今後液冷式に改造し、ほかの

回路も追加して、さらに定格以上の出力を出しうるよう現在進行中で、33年初めよりふたたび容量増加の研究が開始される予定である。

3.7.7 電力用ゲルマニウム整流器の完成

吉富製薬株式会社納 28 V, 5,000 A ゲルマニウム整流設備は 32 年 5 月納入された。本設備はゲルマニウム整流器キュービクル、変圧器、誘導電圧調整器、配電盤よりなり、日立製作所の水電解槽の電源として使用するもので主なる仕様は次のとおりである。

容 量 : 140 kW

電 圧 : 20~28 V

電 流 : 5,000 A 自動定電流制御

整流方式 : 相間リアクトル付二重星形

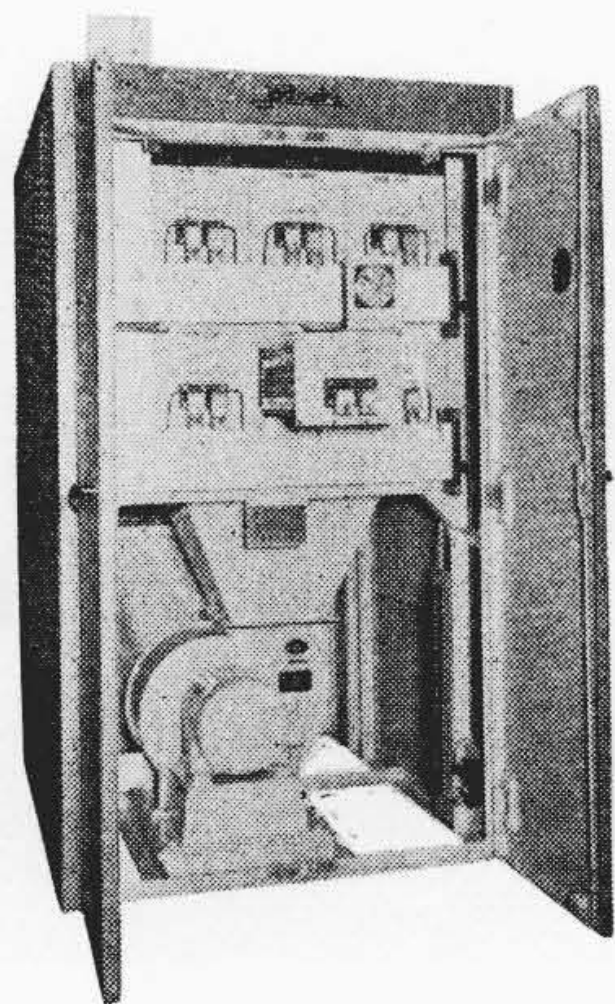
ゲルマニウム整流器は従来のほかの変流機器に比べ、設備費が低廉で、運転効率が高く、運転、保守が容易、などの特長をもっている。特に 100 V 以下における効率はいかなるほかの変流機器にもまさっており、低電圧大電流直流電源として最適のものである。

したがって、ゲルマニウム整流器は誕生して日が浅いにもかかわらず、需要は活発で、製作中のものを含め日立だけで 20,000 kW にも及ぶ製作実績を有するに至つた。

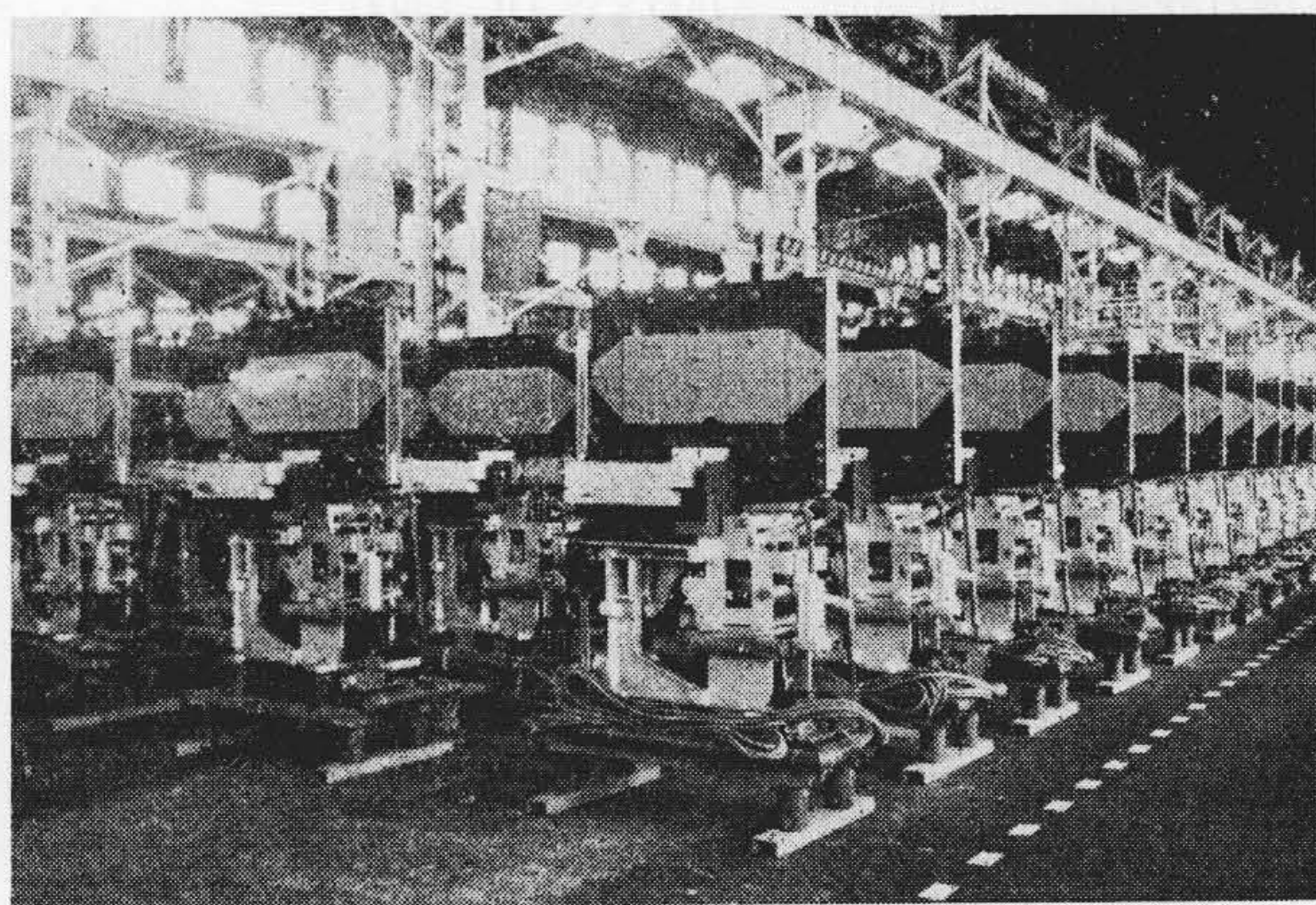
最近登場したシリコン整流器はゲルマニウム整流器と同様すぐれた整流特性を有するのみでなく、1個当りの耐電圧が高く、また対熱性に強いなどのほかの特長があり、すでに電鉄用変電所用として 1,500 V, 2,500 kW の設備の試作も次第に進んでいる。

3.8 高速度遮断器

輸送力増強に伴う電鉄用直流回路の強化により、直流変電所の母線の短絡電流も従来 10 kA 程度であつたが、最近推定短絡電流 60 kA に及ぶようになった。日立製作所ではこの新事態に応じて、遮断容量のさらに大きな高速度遮断器を開発し、日本国有鉄道東北線電化用とし



第 35 図 140 kW ゲルマニウム整流器
キュービクル



第 36 図 日本国有鉄道納（東北線電化用）型 HD 式 OM
1,500 V 2,000 A 高速度遮断器

て48台を納入した。新型遮断器は 150,000 kVA 大容量遮断試験設備を使用し推定短絡電流 115 kA 特殊直流遮断試験, および日本国有鉄道二宮変電所における 50 kA の現地試験などの結果, 第 4 表に示すようにいずれも良好な成績であつた。この高速度遮断器の仕様は, 定格電圧 DC 1,500 V, 定格電流 2,000~3,000 A, 遮断容量 110 kA (推定短絡電流), 全遮断時間 18 ms (於 10 kA) である。

第 4 表 遮 断 特 性

試 験 電 圧 (V)	推定短絡電流 (A)	全 遮 断 時 間 (ms)	回 路 条 件 L (mH)
1,530	29,000	17.5~17.8	0.4
1,530	43,000	18.2~19.1	0.4
1,530	68,000	19.9~20.0	0.4
1,530	45,000	30	2
1,530	52,000	25.4~25.5	1
1,530	115,000	25.4~26.0	1

3.9 直流変電所用配電盤および制御装置

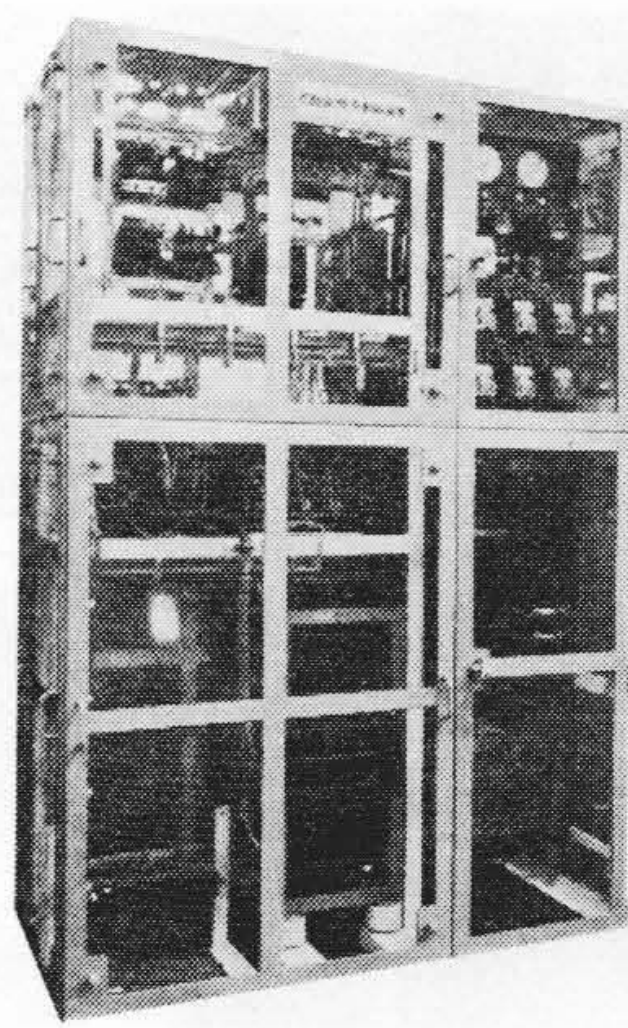
電鉄用直流変電所は封じ切り水銀整流器が使用されるようになって以来, 無人変電所として計画される傾向が強くなつてきた。その方式は私鉄においては1対1の遠方監視制御方式が多く, 日本国有鉄道においては中央監視室より多数変電所を同時に制御するパルスコード式あるいはポーラーコード式の群変電所同時遠方監視制御方式が重視されるようになってきた。なおこれらの方式には電鉄用信号リレーの長所が数多く採り入れられてある。

電動力応用方面においては精密制御が要求され, 磁気増幅器を縦横に使用したものが開発され, 用途に応じ使い分けを行つておる。また半導体金属整流器の開発に伴い, その保護に高精度高遮断能力を有する保護フューズや, 異常電圧低減用のアレスタの開発が急務として取りあげられ研究開発された。これらは 33 年度も引き続き重要テーマとして引き継がれることになるが, 一応の成果を得て, 各種の用途に使用された。

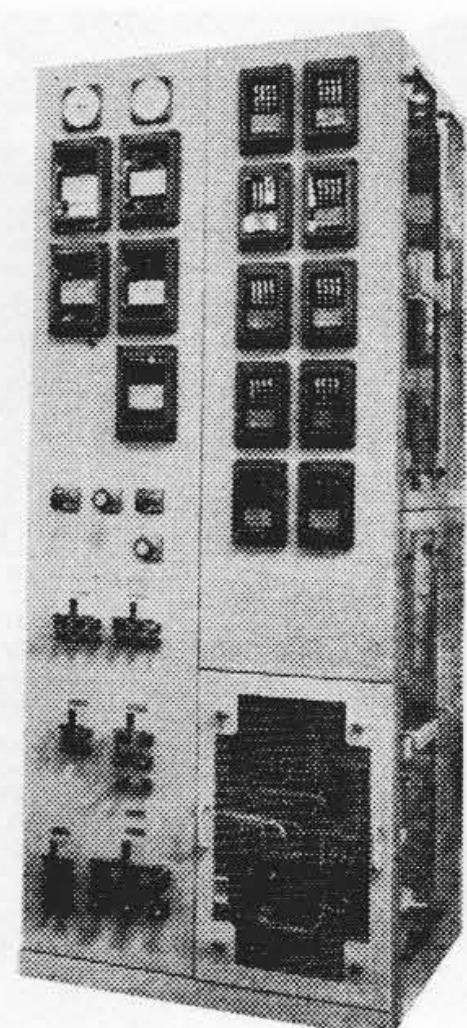
3.9.1 電鉄用直流変電所配電盤

日本国有鉄道信濃町変電所に 3,000 kW DC 1,500 V 封じ切り水銀整流器セット用の制御装置一式を納入した。本変電所は新宿変電所から遠方監視制御される無人変電所である。第 37 図は点励弧格子制御用高圧側, 第 38 図は低圧側キュービクルを示す。高圧側は点検を容易にするため前面配線とし, また今回初めて小型挿込型継電器を採用し, さらに饋電盤は各高速度遮断器室の付近に分散独立設置して全体の縮小化を図っている。

近畿日本鉄道株式会社東青山変電所に 2,000 kW DC 1,500 V 封じ切り水銀整流器の制御配電盤 1 組を納入した。本変電所の制御はタイムスイッチによる全自動, 操作開閉器による自動起動, 手動による各個操作の三段階を一個の切換開閉器で切換えるようになってい。さらに近接の監視所で起動停止操作と運転停止表示, 故障表示



第 37 図 点励弧, 格子制御キュービクル (高圧用)



第 38 図 点励弧, 格子制御装置 (低圧用)

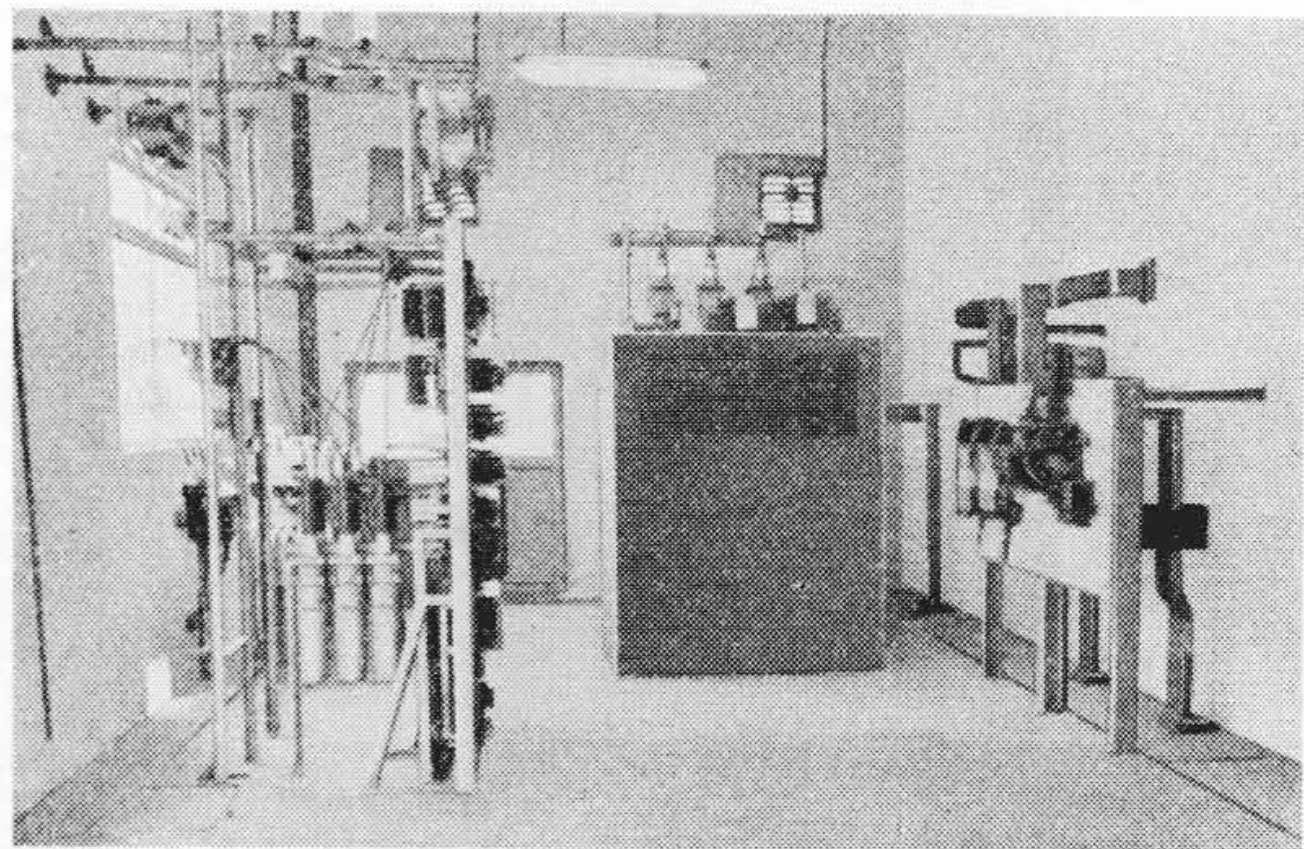
警報を行いうる方式である。

直接式簡易遠方制御装置としては京阪電鉄株式会社六地蔵変電所に納入されたものがある。

3.9.2 電気化学工業用直流変電所配電盤

吉富製薬株式会社に DC 28 V, 5,000 A のゲルマニウム整流器の制御装置および保護装置一式を納入した。ゲルマニウム整流器用変圧器の一次側に誘導電圧調整器を設けて自動定電流調整を行い, 過電流および短絡事故の際交流遮断器が動作する。またゲルマニウム整流器のエレメント短絡に対しては今回特に開発された高速度遮断の限流ヒューズを直列に挿入してある。

外部からの侵入異状電圧に対しては, 誘導電圧調整器の入力側に 3 kV アレスタとサージアブソーバを設けている。さらにゲルマニウム整流器用変圧器二次側にもサージ吸収用の蓄電器とアレスタとしてセレン整流器を挿入している。受電電圧が異常上昇したときは過電圧継電器で交流遮断器を遮断する。そのほか冷却扇回路の欠相の場合の保護遮断, ゲルマニウム整流器キュービクル内の温度上昇に対する警報も行つて保護装置に万全を期している。



第 39 図 吉富製薬直流 28V 5,000A ゲルマニウム整流器と制御装置