

〔Ⅲ〕 静 止 電 氣 機 械

ELECTRIC STATIONARY MACHINES

変 圧 器

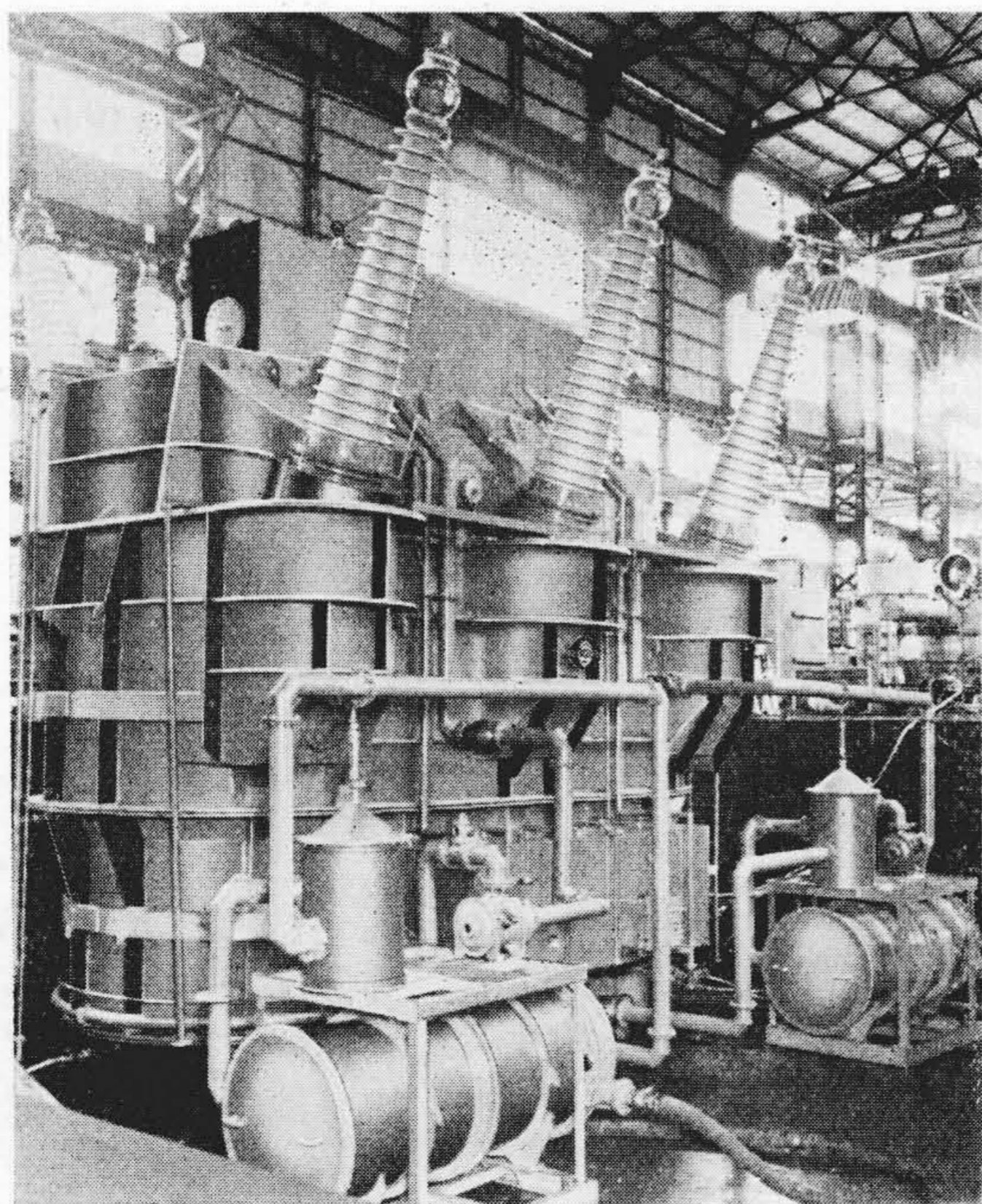
Transformers

電力用変圧器

Electric Power Transformers

昭和 26 年度に於ける最大の成果は、関西電力成出発電所用 70,000 kVA 三相三巻線変圧器（等価容量 80,000 kVA）の完成である。本器は我国最初の 275 kV 中性点直接接地方式を採用した新北陸幹線用主変圧器のうち最初に完成したものであつて、容量に於ても電圧に於ても記録的な製品である。本器の仕様は次の通りである。

型 式	WFOC-3 MNYCP
	屋外用、三相、三巻線、送油水冷式
容 量	一次 50,000 kVA
	二次 70,000 kVA

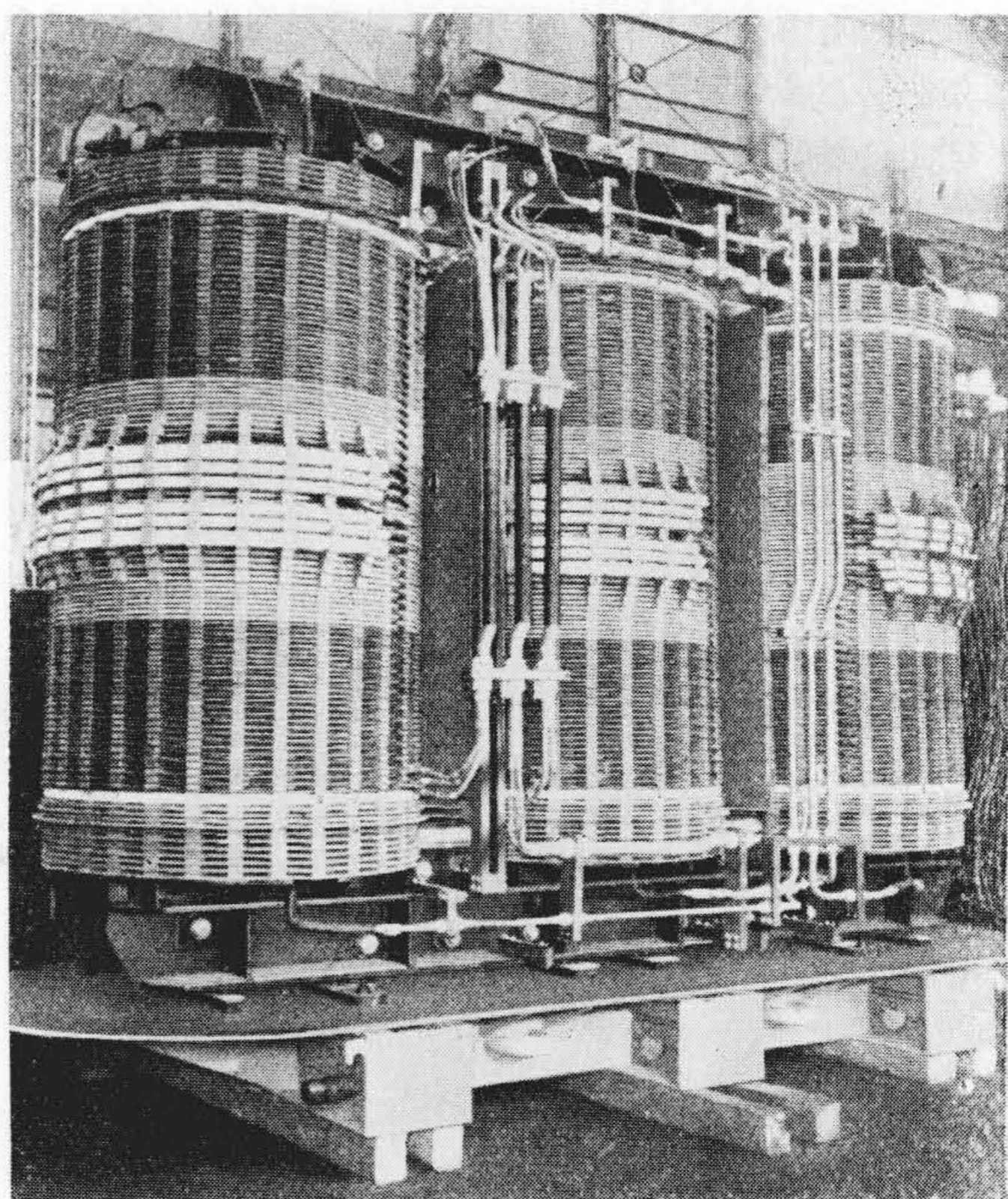


第 1 図 70,000 kVA 変圧器外観
Fig. 1. Outside View of 70,000 kVA Transformer

電 圧	三次 40,000 kVA
	一次 154 kV
	二次 275-262.5-250 kV
	三次 11 kV
周波数	60 \sim
結 線	一次 人（中性点抵抗接地）
	二次 人（中性点直接接地）
	三次 Δ （発電機中性点で抵抗接地）
寸 法	高さ 7.6 m 床面積 5.4m \times 7.8 m
総重量	（冷却器及び油を含む） 239,000 kg
中身重量	114,000 kg
油 量	70,000 l
台 数	2 台

本器の概容を次に列記する。

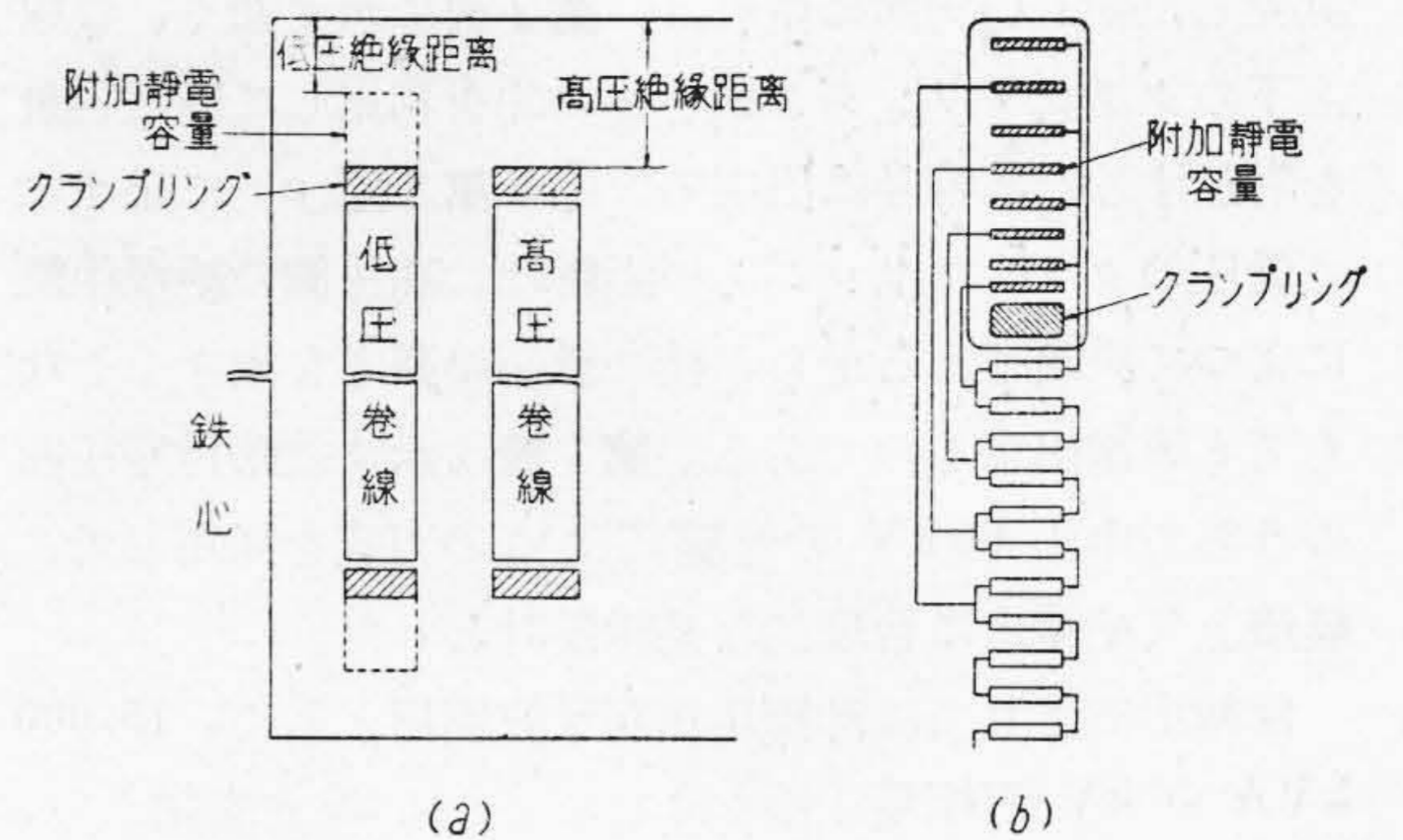
1. 高圧巻線の最高タップ電圧 275 kV は我国最高電圧であると共に、中性点直接接地方式も我国最初の試みである。線路側の絶縁階級 200 号に対し、中性点側の絶縁階級は 70 号である。中性点側は 30 号程度で良いと考えられているが、工場試験の関係で、70 号と



第 2 図 70,000 kVA 変圧器中身
Fig. 2. Inside View of 70,000 kVA Transformer

なっている。但し中性点套管の絶縁階級は 30 号としてある。

2. 高圧巻線は、直接接地の利点を有効に利用するため線路端子は巻線スタックの中央より出し、上下両端を接地端子とする段絶縁を行つた。このためコイルと鉄心及び外函との絶縁距離を接地端に於いて著しく縮めることが出来た。又巻線には部分遮蔽を施した。
3. 中圧巻線は上端が線路端子、下端が Full insulation の中性点端子となつているから、高圧、中圧間は巻線スタックの中央附近にのみ 200 号の絶縁距離を必要とし、両端附近では 140 号の距離で足りる。この空間を利用して、中圧巻線に遮蔽を施した。中圧巻線が 140 号の変圧器は我国最初のものであつて、端子の引き出し等にも特別な考慮を払つて充分信頼性のある設計とした。
4. タンクは油量をきりつめるため、高圧巻線の所要対地絶縁距離に応じて、中央部が太く上部及び下部を細くして丁度大鼓の胴の様にしたので、従来の設計に比し、甚だしく油量が減少している。
5. コンサベータは窒素封入型（酸素吸収器付）で、油の劣化防止に努めた。又窒素ガス圧力調整用の第 2 室、第 3 室はカバー上におかず、下部タンクの一部を利用し極力床面積の減少に意を用いた。（特許出願中）
6. 本器は深雪地帯に据付ける関係上、送油水冷式冷却器は屋外に置かず、超高圧遮断器取付台下部の室に收容することになつている。冷却器は変圧器 1 台に対し 2 組を有し、その 1 組を点検休止中も、65% の負荷に耐える事が出来る。
7. 成出発電所は終着駅からの輸送が隘路であつて、重量は 15,000 kg 寸法は途中の隧道を以て制限せられている。このためタンクは、胴割の外に縦割を余儀なくされ、タンク、カバー、ベースは合計 7 箇に分解さ



第 3 図 新方式による低圧巻線の遮蔽
Fig. 3. New Type Shielding of L.V. Winding

れて輸送し、現地に於て熔接した。尙現地で組立後タンク、カバーの胴割部分も、パッキングに依らず全部熔接した。

8. 本器は各種性能試験、耐圧試験を実施し、何れも保証性能を上回る優秀な成績を示した。本器の効率或は損失の保証は、年間の負荷を考慮に入れて最も合理的に、各負荷率に於ける損失と与えられた係数との積の和を以つて保証すると謂う特異な方法に依つている。耐圧試験のうち、高圧側の単相電源に依る誘導電圧試験は段絶縁のために加圧試験に代るものとして施行された。衝撃電圧試験は、3,500 kV 衝撃電圧発生装置を使用して各種試験を実施し、異常なく合格した。200 kV 級の衝撃電圧試験は戦後はじめてのものである。

次に昭和 26 年度に製作された変圧器には静電遮蔽付のものが多い。従来一般に行われている遮蔽方式は巻線の外側に附加する方法である。そのため低圧(或は中圧)巻線は、通常内側に巻かれているから衝撃電圧印加の際に、電位傾度が高圧巻線より高くなる場合があるにも拘らず遮蔽することが出来なかつた。然るに日立製作所で

第 1 表 大容量変圧器一覧表 (10,000 kVA 以上)

Table 1. List of Large Capacity Transformers (Above 10,000 kVA)

納入先	容量 (kVA)	相数	台数	冷却方式	電圧 (kV)	周波数 (Hz)	備考
関西電力 (成出)	50,000/70,000/40,000	3	2	送油水冷式	154/275/11	60	遮蔽付変圧器
九州電力 (三池)	20,000/22,000/500	1	4	送油風冷式	115/60/10.5	60	遮蔽付変圧器
国鉄 (岡部)	20,000/20,000/1,000	3	1	油入自冷式	154/63/3.3	50/60	遮蔽付変圧器
関西電力 (西舞鶴)	15,000	3	1	油入自冷式	77/33-22	60	遮蔽付変圧器
沖縄 島	15,000	3	4	油入自冷式	69/13.8	60	
東京電力 (駒沢)	15,000	1	3	油入自冷式	66/22	50	
印度 (マズラ)	12,500	3	1	油入自冷式	33/11	50	
アルゼンチン (エスカバ)	10,000	3	3	油入自冷式	141/13.2	50	
国鉄 (小千谷)	10,000/10,000/1,500	3	1	油入自冷式	161/63/10	50/60	遮蔽付変圧器

開発した新しい方式に依れば、第 3 図に示す如く、巻線上下のクランプリングと鉄心との間を利用して静電容量を附加するため容易に出来る。即ち第 3 図(a) に示す如く低圧のクランプリングとの距離は、高圧側の絶縁距離によつて決定されるから、特に鉄心の高さを大きくしなくても実施出来るのである。第 1 表に示す遮蔽付変圧器のうちで中圧 60 kV の巻線にはこの方式を採用して、経済上又絶縁上に合理的な絶縁設計とした。

尙輸出向としては沖縄島送変電設備用として、15,000 kVA 66 kV 三相変圧器をはじめとして 29 台を納入し、そのうち 7,500 kVA 乃至 2,500 kVA 変圧器 9 台は負荷時電圧調整器付となつている。(別項参照)これは何れも NEMA 規格によつて製作したものである。印度マヅラ発電所用として、12,500 kVA 三相変圧器を製作したが、これは BSS に準拠し而も周囲温度最高 50°C と謂う仕様である。

南米に対してはブラジル、マカブ発電所から先年納入した増設用として、3,750 kVA 三相変圧器を、又アルゼンチン、エスカバ発電所に対しても、10,000 kVA 三相変圧器 3 台を納入した。

水銀整流器用変圧器

Transformers for Mercury Rectifier

日立製作所が尖端を切つて行つた 66 kV 1 段落しの水銀整流器用変圧器もその後改良進歩の跡目覚しく、国鉄茅ヶ崎変電所納 2,000 kW 水銀整流器用変圧器 2 台は、機械的にも電氣的にも数段の進歩が見受けられる。特にコイルは特殊の巻線方法に依り小型で丈夫なものとなつている。即ち我国最初の製品、国鉄高崎変電所納 2,000 kW 水銀整流器用変圧器よりも重量に於いて 8% の減少となつている。因みに本変圧器は JEC-110 に依る衝撃電圧試験も実施し合格している。

又電気化学用水銀整流器も単極水銀整流器の進歩と相俟つて低電圧大電流用変圧器が使用されるが、この場合も 66 kV 或は 77 kV より的一段落しが望ましい。東邦亜鉛納 2,320 kVA 変圧器に本方式を採用した。機器の仕様は下記の如くである。

一次容量 2,320 kVA 二次容量 3,280 kVA

型式 SOCR-3YC 相数 3-φ 周波数 60 ω

一次電圧 55-52.5-50-47.5 kV

二次電圧 直流 500 V 及び 250 V

960 kVA 相間リアクトル内蔵

この外に 22 kV 級の電鉄用水銀整流器用変圧器も多数製作した。又 550 kVA 程度の変圧器も納入しているがこれは化成タップ付である。

消弧線輪

Petersen Coils

消弧線輪接地の普及と相俟つてこれが需要も増加している。国鉄岡部変電所及び小千谷発電所に 740 kVA 及び 600 kVA の消弧線輪がある。これ等は何れも接地時の回路の遮断を二次巻線に接続せられた接地抵抗を使用することにより行う如き構造となつている。

又四国電力納 180 kVA 消弧線輪を製作したが、これは製作途中で 270 kVA に改造を行つた。

負荷時電圧調整装置付変圧器

Transformers with On-load Tap Changing Equipment

負荷時電圧調整装置付変圧器は最近益々その需要を増して来た。此処に特記すべきは沖縄島の 7,500 kVA 変圧器 4 台 5,000 kVA 3 台 2,500 kVA 2 台である。機器の仕様は下記の如くである。

出力 7,500 kVA

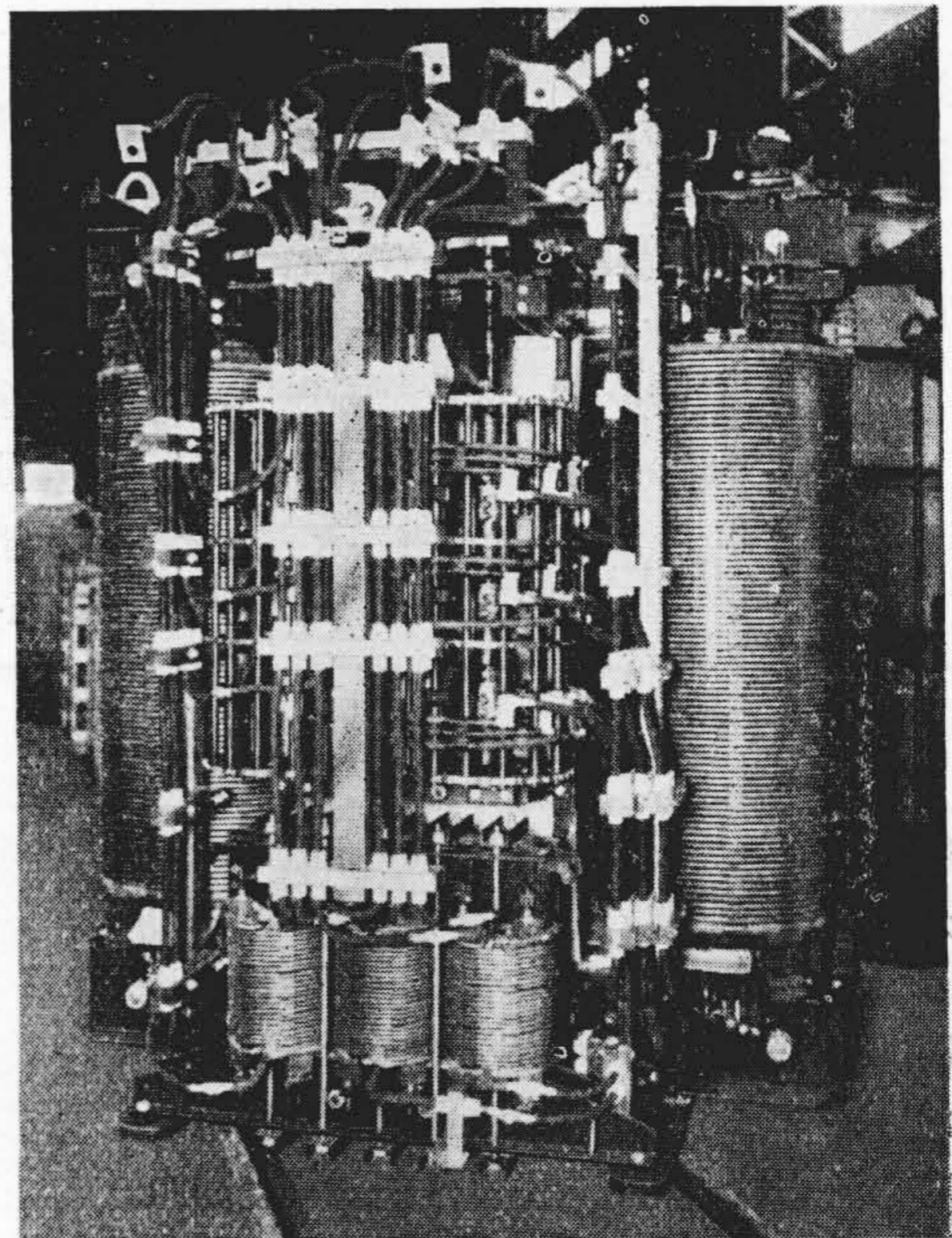
型式 SLCOR-3 YC 相数 3-φ 周波数 60 ω

一次電圧 68,500 V ~ 58,500 V (9 タップ)

二次電圧 13,800 V

結線 入/△ 規格 ASA

これ等の変圧器は近時我国に於ても話題となつてをり米英に於ては既に普及しているユニットサブステーション (Unit Substation) 用の変圧器であつてメタルクラッ



第 4 図 7,500 kVA 負荷時電圧調整装置付変圧器
Fig. 4. 7,500 kVA Transformer with On-load Tap Changing Equipment

ドスキッチギヤに接続し無人自動の変電所を形成するものである。低圧側端子は直ちにケーブルヘッドでメタルクラッドスキッチギヤに接続し、低圧側機器計器は総てその中に納められ完全なデッドフロント (Dead Front) となつている。第 4 図はその内部構造を示す。間歇操作機構調比装置は変圧器本体の前腹部に設けられ限流リアクトルはその下部に設置せられる。又ユニットサブステーションの場合は変電所敷地の節減及び設備の簡易が望まれるので、これ等の変圧器の吊上げ設備の簡易化を狙い中身を吊り揚げることなく点検可能な如き構造となつている。又ユニットサブステーションでは機器相互の互換性を考え、勿論性能的に何れも並列運転可能となつているが、その他に互換の為の移動を考慮して移動用車輪に特別の考慮が払われている。

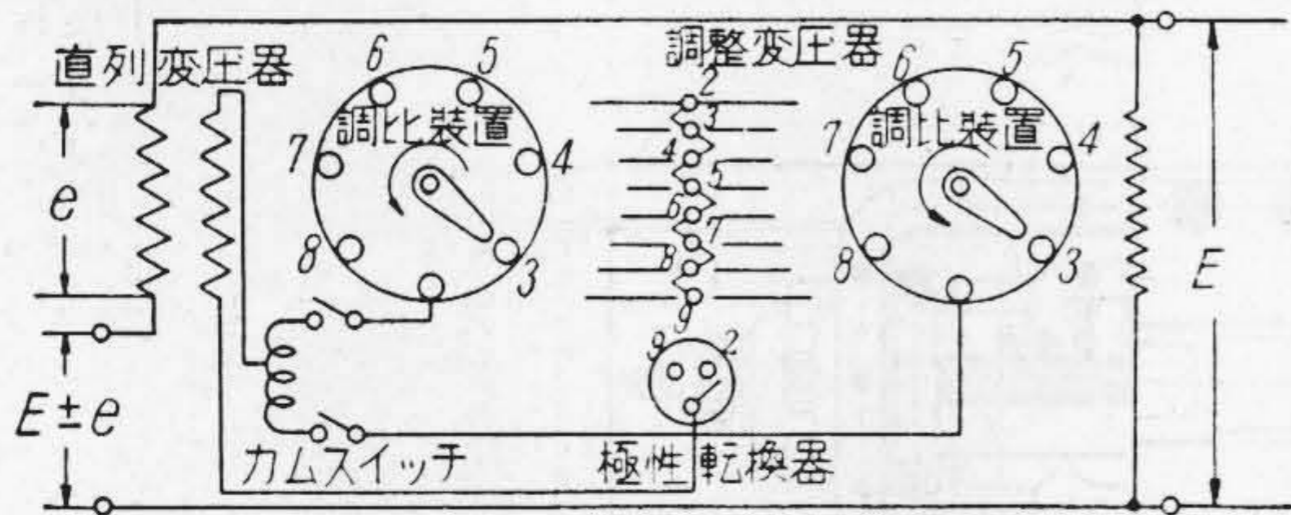
又小容量の機器として北海道電力雨龍発電所に下記仕様の負荷時電圧調整装置付変圧器を納入している。

出力	450 kVA		
型式	SLCOR-3 MC		
相数	3-φ	周波数	50 \sim
出力	一次 450 kVA	結線	Δ
	二次 300 kVA	結線	Δ
	三次 150 kVA	結線	Δ
電圧	一次 11,000 V \sim 8,500 V (6 タップ)		
	二次 3,450—3,300 V		
	三次 210—105 V (同時使用)		

**負荷時電圧調整器
Load Ratio Adjusters**

一般送配電線用としてこの需要も多い。北陸電力に線路容量 30,000 kVA 自己容量 3,333 kVA 70 kV/70 \pm 7 kV 11 段切換を納入好調に運転している。

又東北電力納 900 kVA 負荷時電圧調整器はその切換方式に新方式を採用し調比装置を 2 回転に使用している。第 5 図はこの概略結線図である。即ち 3,450 V を境界として+側を第 1 回転目にタップ切換し一側に移る際に極性転換を行う事により第 2 回転目は一側の電圧調整

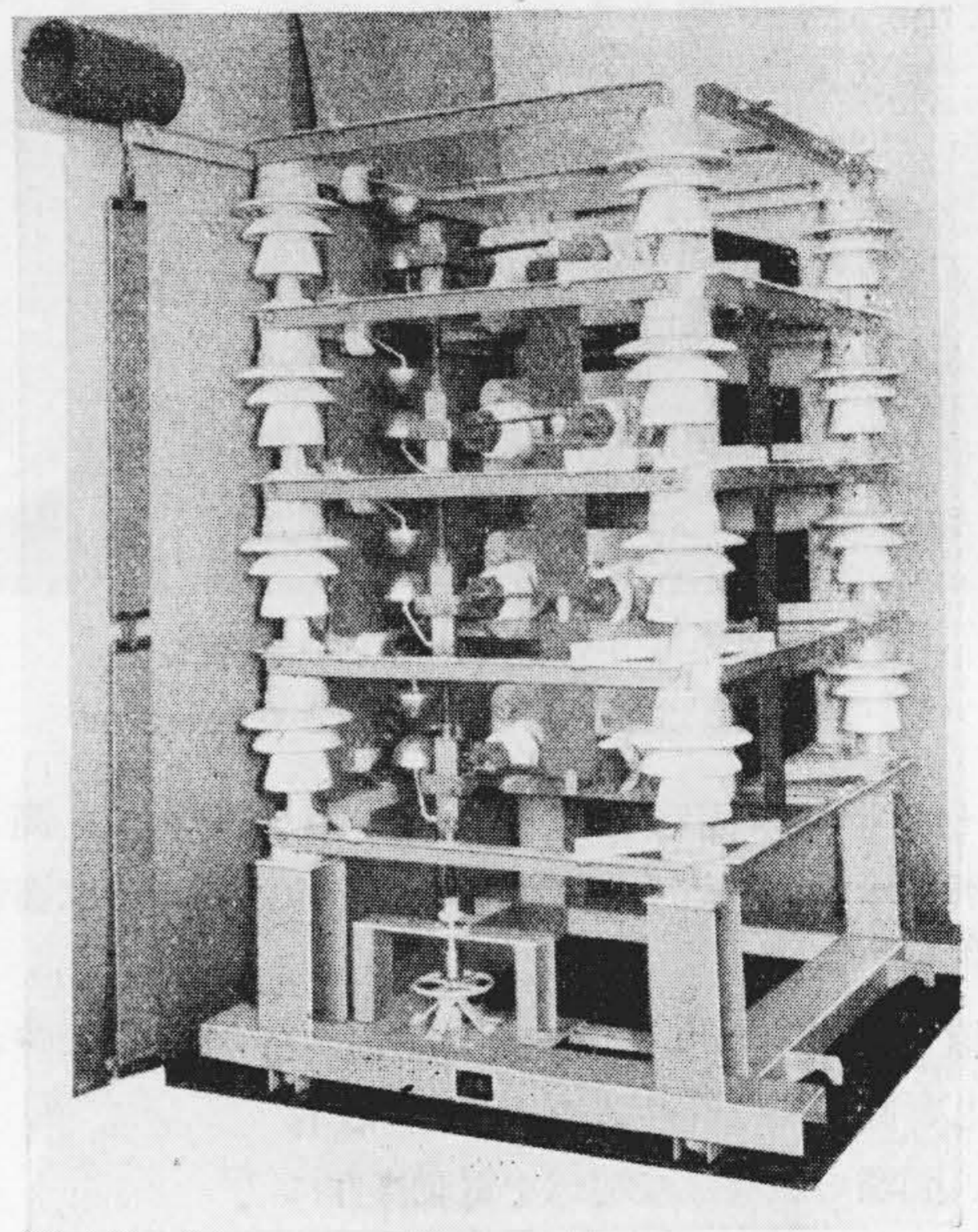


第 5 図 調比装置結線図
(2 回転して使用する方式)
Fig. 5. Connection Diagram of Load Ratio Adjuster

を行うことになる。この方式に依れば調比装置の極数は従来の型に比して半数となる。従つて形も小となり極間の絶縁にも好都合となる。

**衝撃電圧発生装置
Impulse Generators**

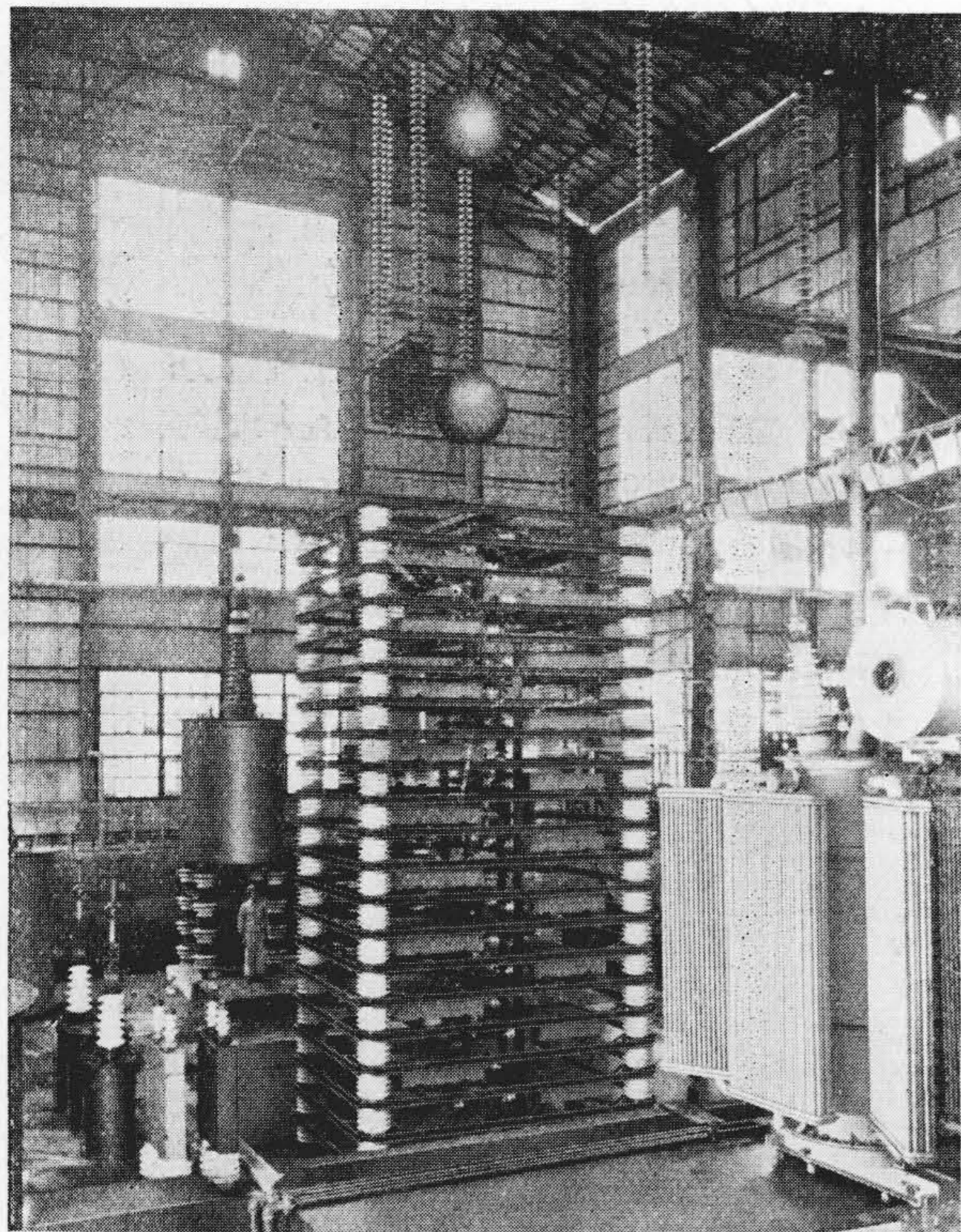
昭和 25 年末、旧日本発送電株式会社電力研究所へ 200 kV 衝撃電圧発生装置を納入した。本装置の性能は最高発生電圧 200 kV、最大蓄積エネルギー 2,000 ジュールであつて、蓄電器は 0.4 μ F. D.C. 50 kV のもの 4 箇を以て構成せられ、その配置は直立型である。充電回路は直列充電方式を採用し、抵抗類はすべて金属抵抗を使用している。



第 6 図 200 kV 衝撃電圧発生装置
Fig. 6. 200 kV Impulse Generator

本装置のもつとも特徴とするところは可搬式であることで、野外試験に際しトラックで運搬することが出来、地上でもフラットローラーにより移動が可能で、又更に上方に蓄電器を積重ねることにより将来発生電圧を簡単に上げ得る様な構造になつている。その大きさは床面積 1,500 mm \times 1,600 mm 高さ約 2,200 mm 重量約 1,350 kg である。

又変圧器試験のために、3,500 kV 衝撃電圧発生装置が完成した。本装置は、最高発生電圧 3,500 kV 最大蓄積エネルギー 76,600 ジュールで我国に於ける発生器の内記録的なものである。蓄電器は 0.5 μ F. D.C. 87.5 kV のもの 40 箇を以て構成せられ、その配置は直立型である。充電方法は直列充電方式を採用し、殆んど等率充電となつている。



第 7 図 - 3,500 kV 衝撃電圧発生装置
Fig. 7. 3,500 kV Impulse Generator

その所要床面積は 3,000 mm×4,000 mm, 高さ約 9,000 mm, 重量約 30,000 kg でその内約半分は蓄電器の重量である。

直径 1,000 mm の測定用球間隙の接地側は天井より吊し、高圧側は発生器の上部に取り付け、間隙の調整は接地球を電動操作により移動せしめて行い、間隙長は、セルシンモーターによつて直読することが出来る。尚直列間隙も電動操作により 1 本の連結桿によつて一齊に調整することが出来る。

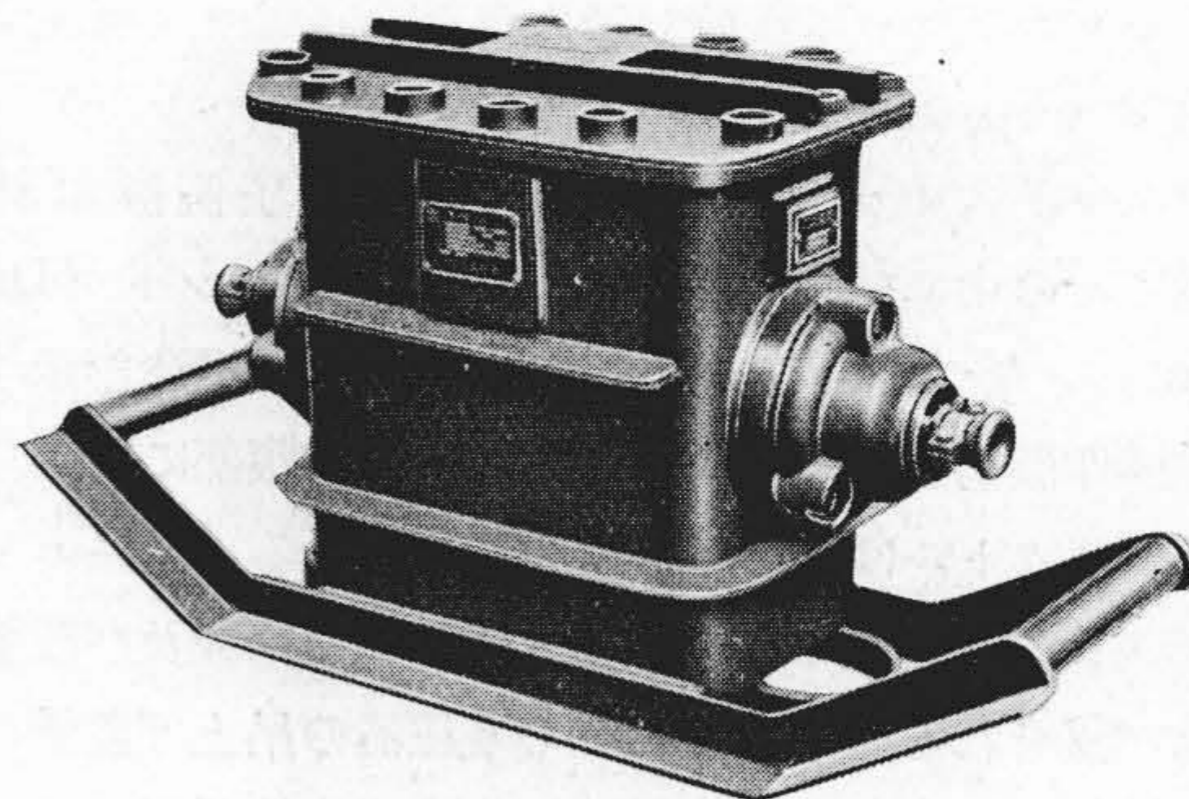
本装置の完成により、大容量変圧器の衝撃電圧試験を十分に行い絶縁研究の上に資する所が非常に大きい。

柱上変圧器

Pole Transformers

1. ソリ付耐圧防爆型三相変圧器

コール・ドリル等の電源として切羽で使用するのに便利なソリ付耐圧防爆型変圧器は 50 回に及ぶ人為的爆発を起させて強度を検査する耐圧試験に合



第 8 図 耐 圧 防 爆 型 変 圧 器
Fig. 8. Pressure Resisting Explosion-Proof Transformer

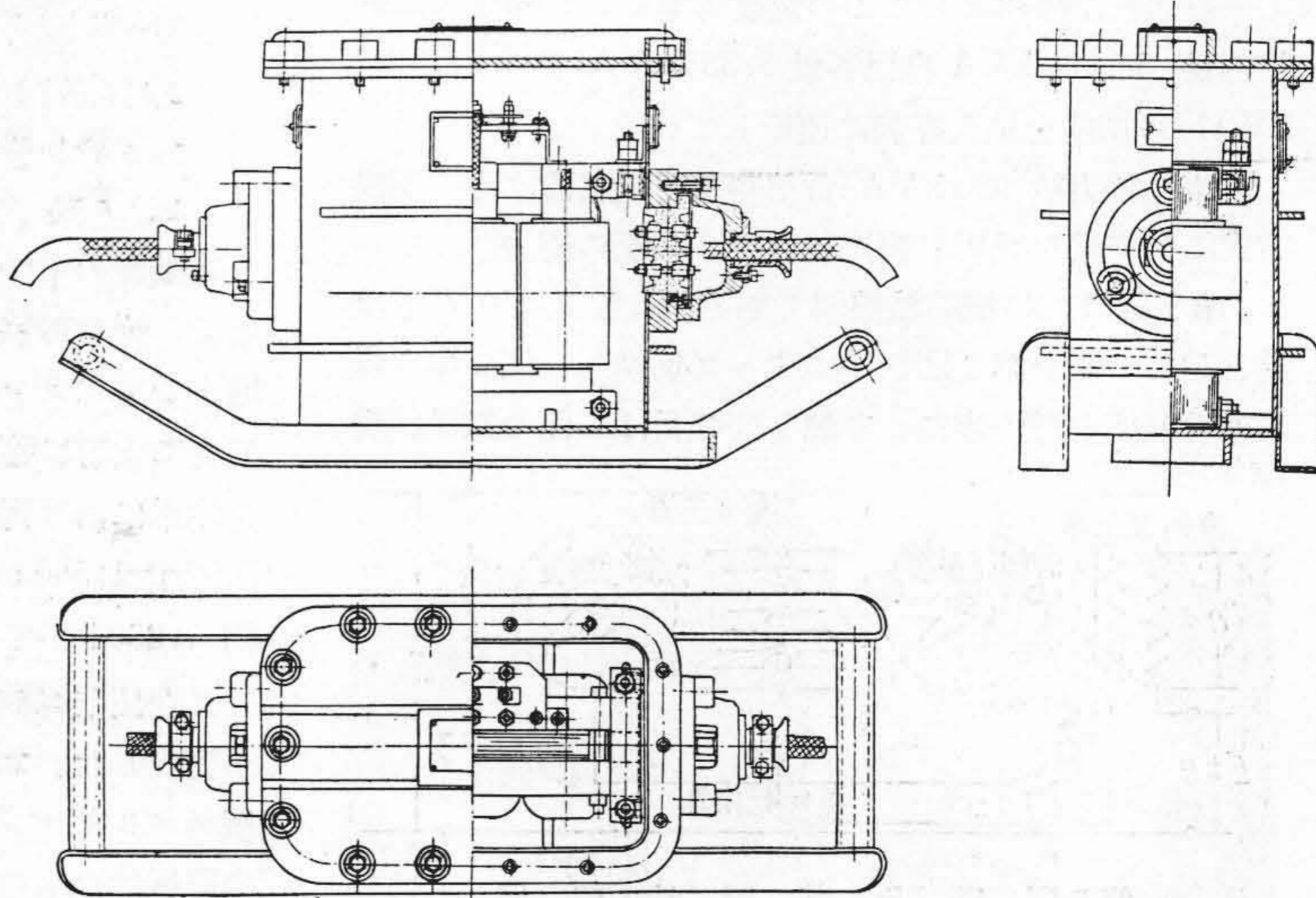
格し、九州工業技術庁鉱業試験所支所より九検-802 号の検定番号を交附された。

2. スタッド型柱上変圧器

従来単相 10 kVA に一部スタッド型口出方式を採用して来たが、(1)全面的にスタッド型口出とし、(2)一次側に異常電圧の放電間隙を設け (3)タップチェンジャー (4)ハンド・ホールを付けた新しい型を完成した。

スタッド型口出方式を採つたので配電線との接続は配電線を挟み締付ければよいので、バインド線、テープ等が不用の操作が簡易で変圧器の取付、取外に際し便利となつた。

一次側ブッシングとケース間に放電間隙を設け、異常電圧を放電させて巻線を守る様絶縁協調が計つてあり、且つ感電事故防止の為に帯電部分を全く露出しない新し



第 9 図 耐 圧 防 爆 型 変 圧 器 構 造 図
Fig. 9. Construction of Pressure Resisting Explosion-Proof Transformer



第10図 新型柱上変圧器
Fig. 10. New Type Pole Transformer

い構造（実用新案申請中）となつている。ブッシングが大きくなるので輸送、装柱時に於ける破損防止の為に保護カバーを付けた。

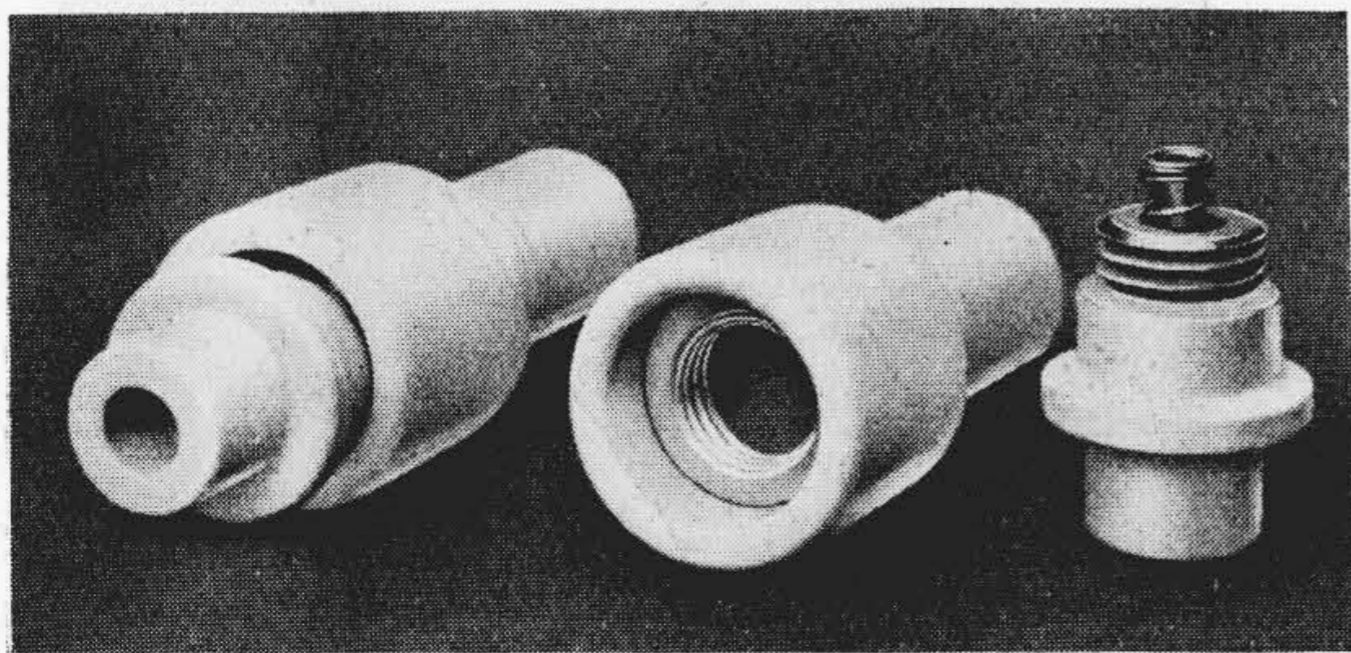
ブッシングの取付はネジによつているので柱上に於てもその取替が簡単であるし、スタッドの部分で中身との接続を切離すことが出来るので点検、修理等の際中身引上げに便利である。

タップ・チェンジャー（特許申請中）は操作用のハンドルが油面上にあるので、タップ切換を油中で而も手さぐりでやらねばならぬ不便がなくなる。油中に手を入れぬので油の汚損の機会が少い。

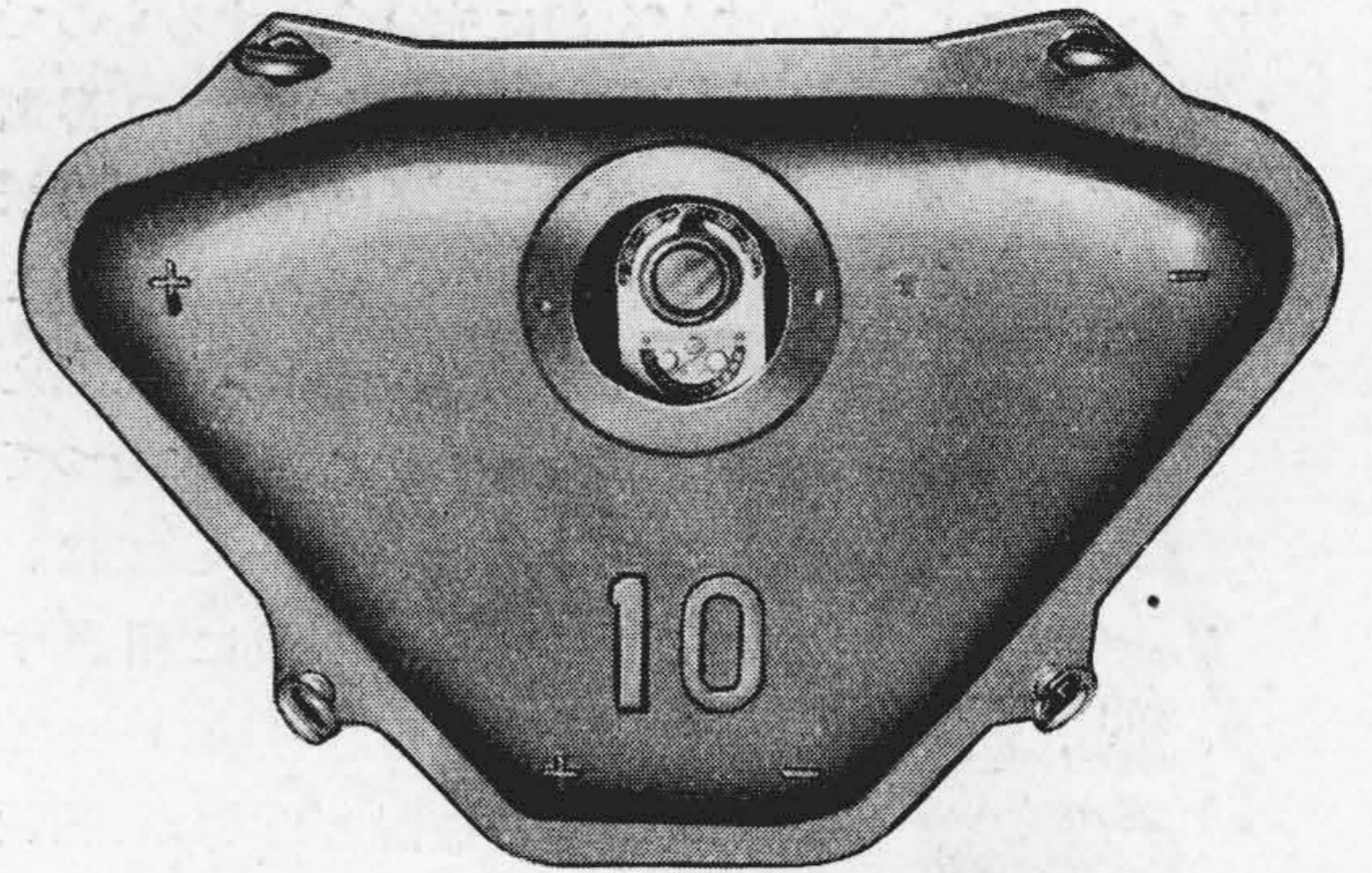
ハンド・ホールはカバーの中央にありタップの切換、内部点検、注油等が出来る。従つて重いカバーを取外す必要が少くなつた。

完全密閉構造となつているので水分の侵入、酸化による絶縁油の劣化が抑制される。

油量は若干増したが巻線の温度上昇を低くしたので、過負荷耐量を著しく増加した。



第11図 新型一次側套管
Fig. 11. Novel Type Primary Bushing



第12図 新型柱上変圧器
Fig. 12. Top View of New Type Pole Transformer (Hand-hole Cover Removed)

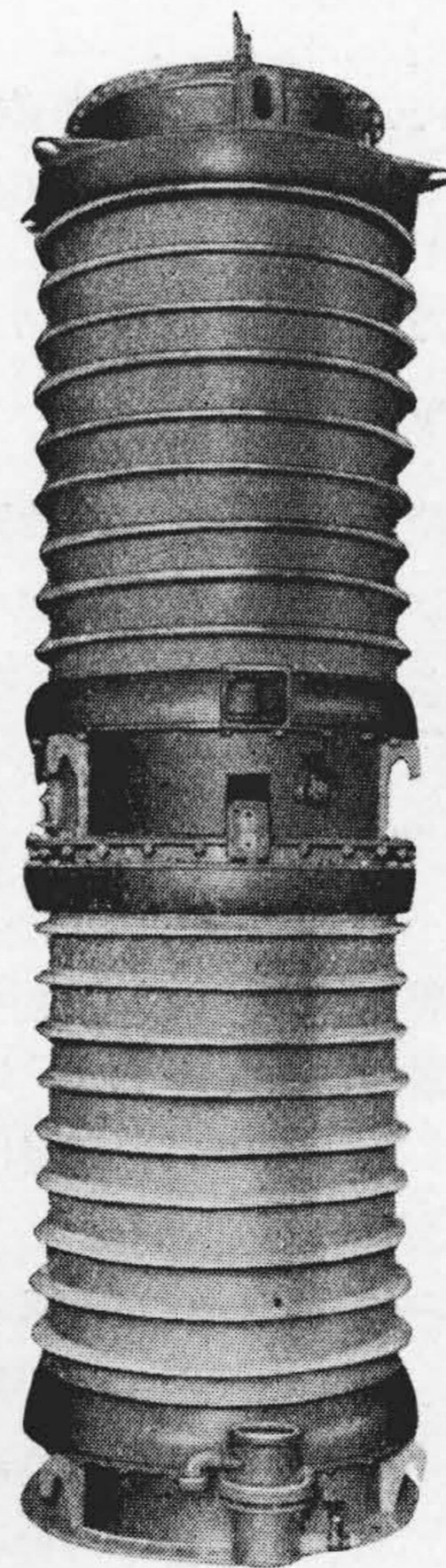
3. 絶縁レベルの格上

電力会社関係の要望により汎用変圧器は絶縁レベルの格上を計つた。改良の主な点は巻線の対地絶縁層間絶縁及び巻線端子の引出部を強化したもので、標準波形衝撃電圧 45 kV, 截断波 55 kV に耐えるものとなつた。

4. 全閉構造

電力会社関係の要望に応え一部の柱上変圧器に気密性を持たせた。ケースの上縁を機械仕上しカバーとの間には合成ゴム・パッキンを使用している。

この結果乾燥空気を封入して置けば絶縁抵抗の低下がなく、使用中の油の劣化が少く、転倒しても油が漏出しぬ等の特長が挙げられる。

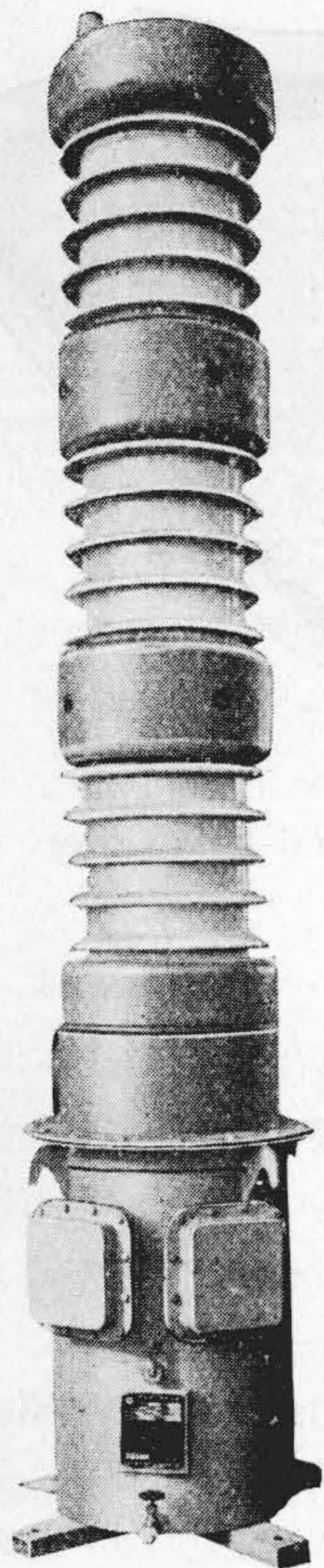


第13図
碍子型計器用変圧器

Fig. 13.
Bushing Type Potential Transformer

計器用変圧器及び変流器 Instrument Transformers

昭和 26 年度に於ける製品の内特記すべきものは、計器用変圧器については 154 kV 碍子型変成器がある。これは終戦後初めて製作せるもので、中身は縦続接続を行つて重量、油量の軽減を図つてあり、特性は



1% 級に充分合格するものである。又 154 kV 級の蓄電器型分圧装置は、日本国有鉄道に約 20 台納入したが、これは今迄の製品に改良を加えて取扱が非常に容易になつている。その特性としては、A. I. E. E. の A 級に相当するものである。

次に変流器としては、関西電力枚方変電所用 80.5 kV 碍子型変流器があるが、これは C. C. B. の下部に設置するもので従来の型と異り、特に絶縁を強化し又 C. C. B. の遮断、投入による機械的衝撃に対して十分な強度を有する様、特殊設計をせるものである。

尙輸出向として約 110 台製作している。

第 14 図 蓄電器型分圧装置
Fig. 14. Potential Device

誘導調整器 Induction Regulators

誘導調整器は、電力会社、事業会社用として多数製作された。これ等は電圧の変動を防止する配電サービスの面に大きく役立つ居り、今後益々多く使用される傾向にある。過去一ケ年間の製作実績は総 kVA にて約 12,000 kVA となり、内器容量 200 kVA 以上のものは 30 台に達している。

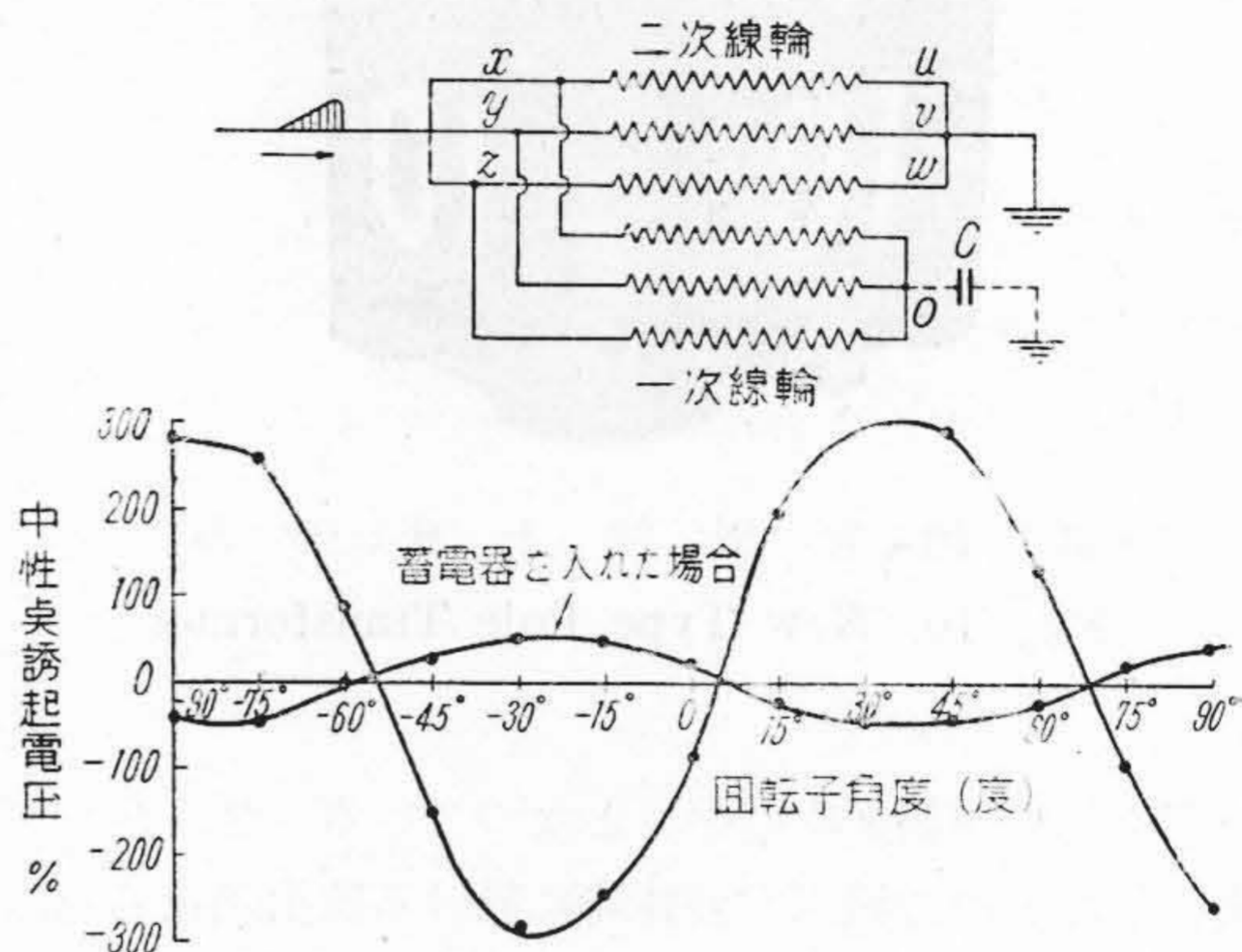
配電線用調整器は二次電圧調整範囲 $\pm 10\%$ のものが従来普通に用いられていたが、最近は $\pm 5\%$ 及び 10% 両用のものも製作された。 $\pm 5\%$ と $\pm 10\%$ の切替は、外部で簡単に切替え得る構造に製作されている。

誘導調整器の衝撃電圧特性の研究は、従来変圧器のそたに比し甚しく立遅れていたが、最近この必要性が痛感され、現在旺んに研究されて居る。元来誘導調整器は配電線路に直列に入るものであるから、変圧器その他の配電機器と同一の絶縁強度を有すべきものであり、当然衝撃電圧強度も同一レベルに置かなければならぬ。

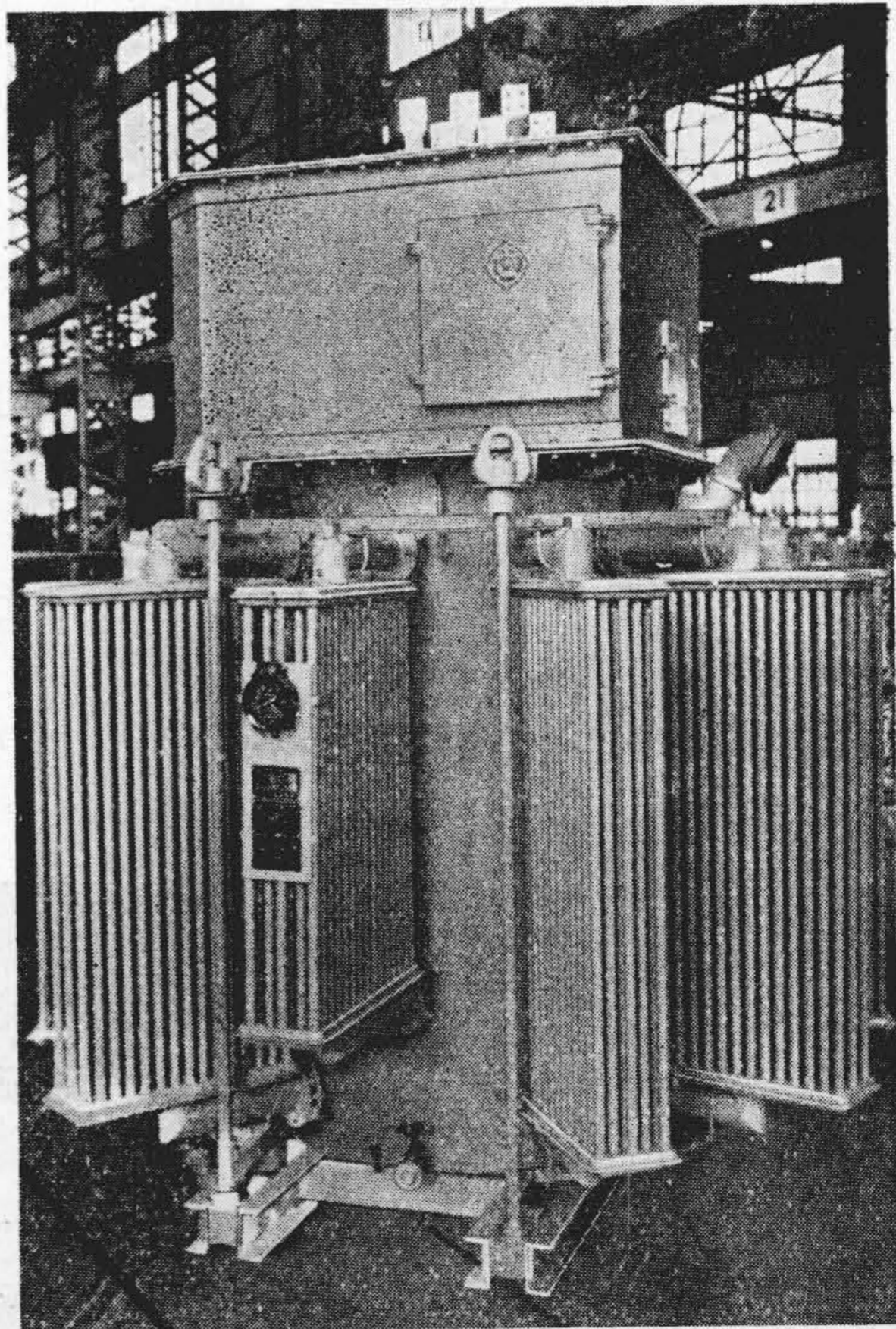
日立製作所では最近誘導調整器の絶縁合理化を行うべく特性の研究に力を尽し衝撃電圧に対する保護方式を確立した。

誘導調整器はその性質上、一次、二次、巻線共、同一線路に接続されて、同時に同一の衝撃波を受け、且相互巻線による誘導電圧がこれに加重されるので、巻線内部の異常電圧の機構は甚しく複雑である。殊に一次(並路)巻線に比し二次(直列)巻線は巻数が著しく少く、通常 $1/10$ が普通のため二次より一次に誘導される電圧は著しく高いことが想像される。

一例として、300 kVA 三測 3,450 V ± 345 V の誘導調整器について、中性点の誘起電圧を測定した結果は、



第 15 図 負荷側直接々地の場合の中性点電圧
Fig. 15. Abnormal Voltage Induced at Neutral Point

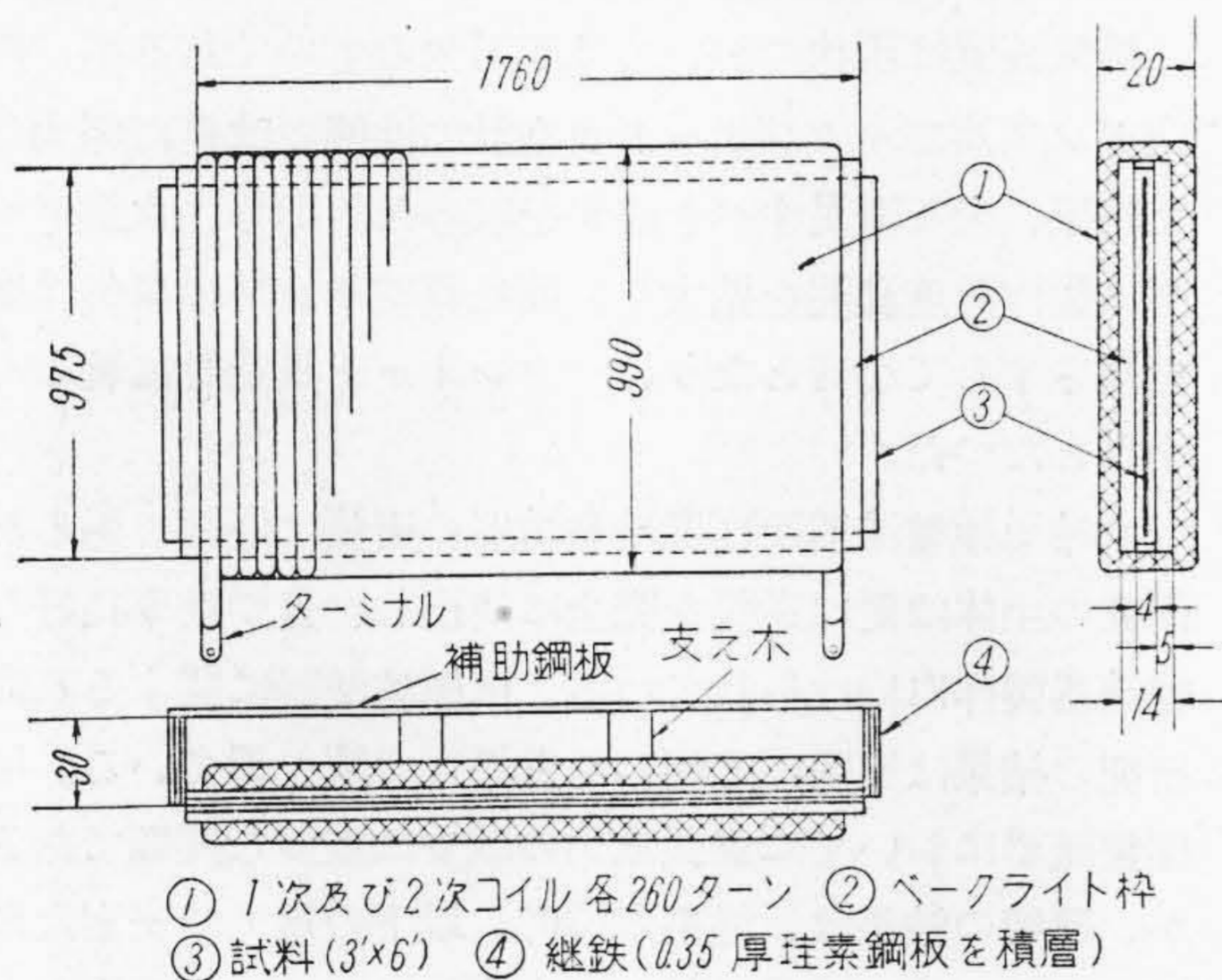


第 16 図 750 kVA 誘導電圧調整器
Fig. 16. 750 kVA Induction Regulator

第 15 図の通りで二次の一端三相直接々地した場合、印加電圧に対し、一次中性点の電圧は回転子の位置によつて変るがその最大値は約 300% となつた。これを $0.5\mu\text{F}$ の蓄電器で接地すると約 50% となる。3 kV の基準衝撃強度を 45 kV (全波) とすれば、中性点は 135 kV の電圧が誘起されることとなり、これに耐え得る調整器を製作することは不可能に近いので、これの保護としては中性点を蓄電器又はアレスターで保護する必要があると痛感される。これ等の研究の結果、調整器の衝撃特性はほぼ解明され、450 kVA, 3,450 V \pm 345 V 三相調整器に於て、中性点を $0.5\mu\text{F}$ 蓄電器で接地したところ、全波 45 kV 截断波 55 kV の衝撃電圧試験に異常なく合格している。

珪素鋼板鉄損試験装置
Iron-Loss Measuring Apparatus

珪素鋼板の鉄損測定には、一般にエプスタイン法が標準試験法として採用されている。即ち 3'x6' の原板 3 枚を 30x500 mm の短冊型に細断した試料 10 kg (展延方向及びこれと直角方向に各々 5 kg 宛) を、正方形に



① 1次及び2次コイル各260ターン ② ベークライト枠
③ 試料(3'x6') ④ 継鉄(0.35厚珪素鋼板を積層)

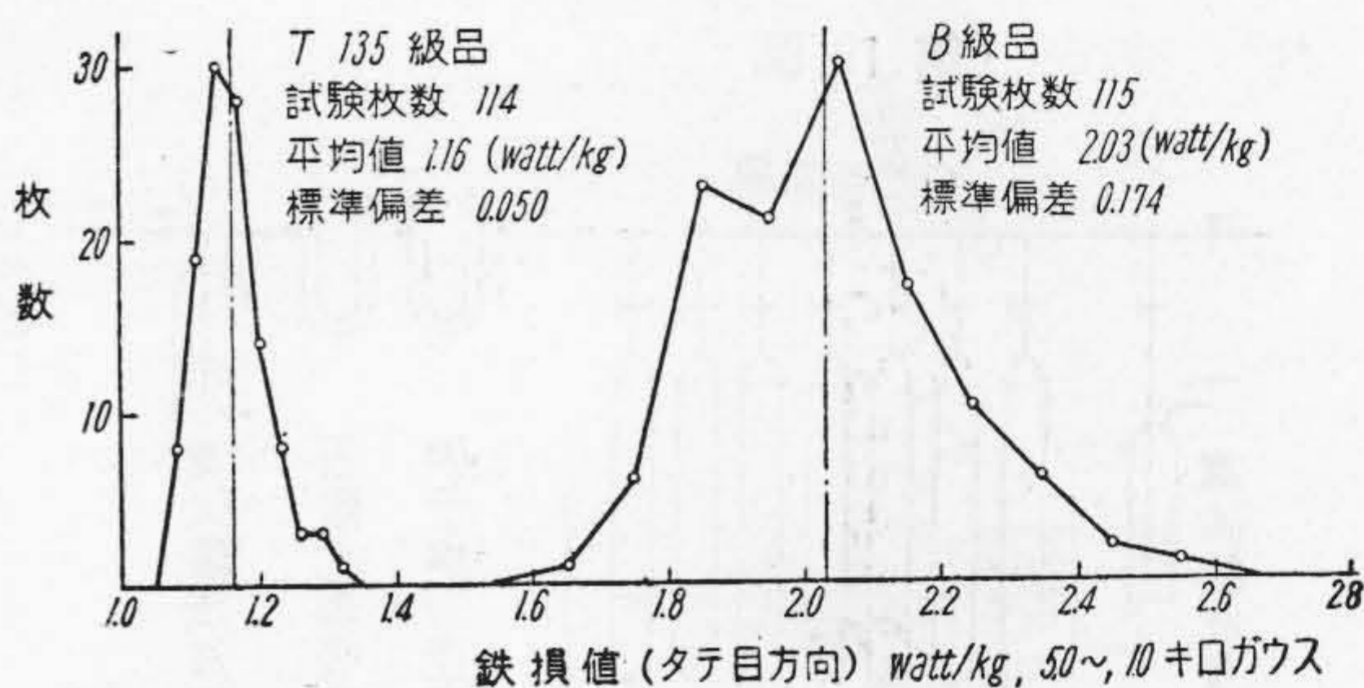
第 17 図 試作鉄損試験装置
Fig. 17. Iron-loss Measuring Apparatus

組合せて鉄損を測定しているが、このエプスタイン法では、試料細断のために手数を要し、測定後の鋼板が無駄になり、且つ鋼板 1 枚毎の品質判定は従来不可能であつた。

3'x6' の原板を切らず、1 枚のまま、その鉄損値を測定する装置を試作した。試作装置は第 17 図に示すように、原板がそのまま挿入出来るベークライト製の枠に誘起電圧測定用コイル(二次コイル)と励磁用コイル(一次コイル)とを、各々 1 層ずつ巻き、コイルの外側に被試験試料と並行に補助鋼板をおき、継鉄(積層した珪素鋼板)を介して磁気回路を形成させたものである。

鉄損測定方法は従来のエプスタイン法と同様で、規定

周波数の交流を一次コイルに通し、二次コイルの誘起電圧を所定磁束密度に相当する値にした時の電力計の読みから鉄損値を計算する。補助鋼板の枚数を増すにしたがつて、励磁電流は減少し、試料の単位重量当り鉄損値は漸増するが、5 枚以上では励磁電流、鉄損値とも殆んど変化がなくなる。比較測定の目的には、補助鋼板なしで充分であり、この方が測定操作が簡易となる。本装置で補助鋼板なしで測定した結果と、同一試料を細断してエプスタイン装置で測定した結果とを比較すると、本装置によるものの方が 6% 乃至 10% 鉄損値が小さく出る。エプスタイン装置では鋼板の展延方向(タテ目)とこれに直角方向(ヨコ目)の平均鉄損値を求めているのに反し、本装置ではタテ目方向のみの鉄損値を求めていることになるので、鉄損値は当然小さく出る。



第 18 図 鉄損値の頻度曲線
Fig. 18. Distribution Curve of Iron-loss

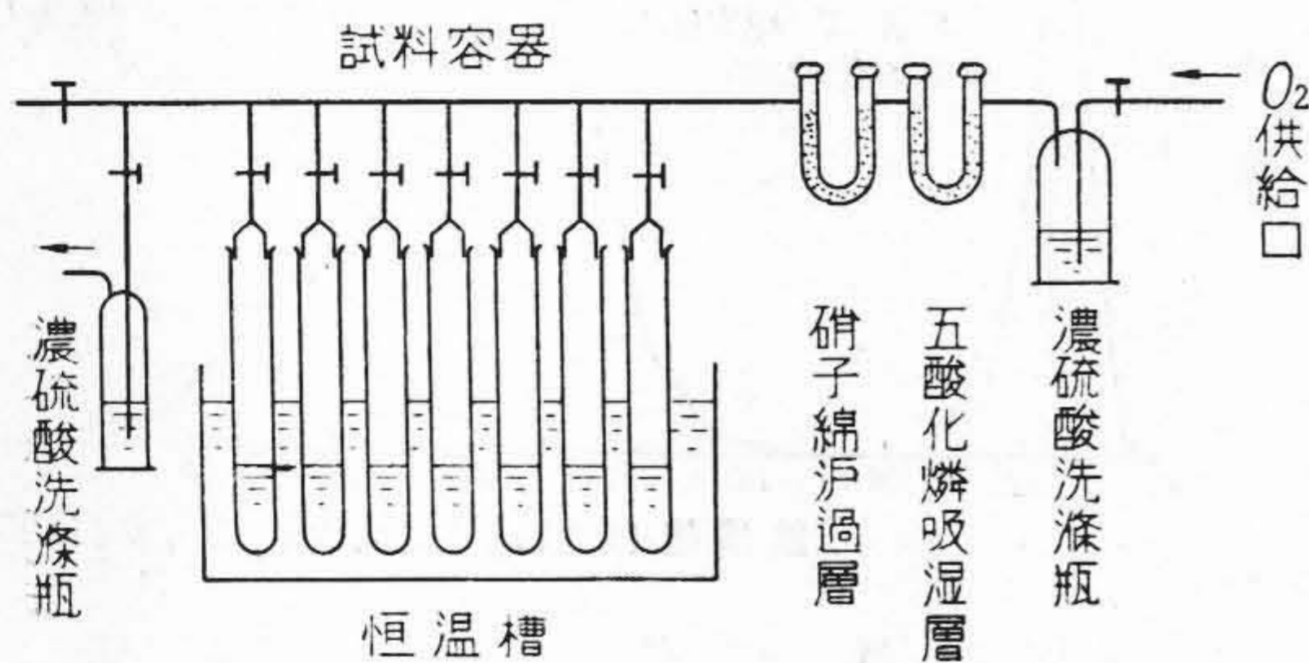
試作装置を使用して、昭和 25 年 9 月に入荷した八幡製 T-135 級及び B 級鋼板の同一荷口 500 kg (焼鈍温度その他製作条件すべて同一と見做される同じ箱内のもの) について、50 \sim 、10 キログauss の点で鉄損値の全数検査を行つて見た。結果は第 18 図に示す通りで、この頻度曲線よりその時の荷口内の鉄損平均値 \bar{W} 及び標準偏差 σ を計算すると、T-135 級品で $\bar{W}=1.16$, $\sigma=0.050$, B 級品で $\bar{W}=2.03$, $\sigma=0.174$ (Watt/kg) となる。同一荷口内及び異なる荷口間で、鉄損値のバラツキがどの程度あるか、従来不詳のままに残されていた問題も、本試作装置によれば鋼板の無駄を生ずることなく、また試料細断の手数も要しないで解決可能である。

珪素鋼板を使用する電気機器で、特に高性能を要求されるものに対しては珪素鋼板の特性の良いものを得る必要があるが、このような入荷珪素鋼板の選別についても現在本試作装置を活用中である。

絶縁油の研究
Research on Electrical Insulating Oil

1. 日立案安定度試験装置 変圧器、蓄電器、ケーブル等の製品の進歩に従い、絶縁油の安定性は益々重要

視されるようになり、従つてこれの試験法が問題となつて来た。これは要するに絶縁油の被酸化傾向の大小を制定するもので、一定条件下に酸化せしめた油の酸度、発生スラッジ量などの測定を行うことであるが、英国には B. S. S. 米国には A. S. T. M. その他の諸国にも夫々定めた定量法を有して居る。本邦の旧 JES 規格では、単に油を 140°C 20 時間加熱し、析出物の有無を検するに過ぎず、判定法的試験であつたが、今回 JIS に改訂を機に、これを定量化するため、試験方法、特に試験装置を検討すべく、工業技術庁電気試験所電気絶縁材料委員会絶縁油部会が発足し、関係拾数社が合同研究を行つて居る。これに提出された日立研究所考案の試験装置は、構造の簡素にして保守の簡便なる点に於て、B. S. S., A. S. T. M. をしのぎ、しかも学術的厳格さを欠かず、好評を博し、現在 JIS 規格の有力な候補として検討されつつある。(第 19 図)



第 19 図 安定度試験装置

Fig 19. Apparatus for Determining Stability of Electrical Insulating Oil

2. 劣化油浄化の研究 使用により劣化せる絶縁油の再生、又は使用中の変圧器油を時々取出し浄化して常に新鮮な状態に保つ為の方法の研究が、屢々変圧器需要家側でも行われて居るが、日立製作所でもメーカーとしてこの点に十分な知識を貯えて需要家の御相談に応じ、或は浄化装置付変圧器など新製品を出したく、種々研究を行つて居るが、浄化用吸着剤として、活性炭素、シリカゲル、活性白土、活性アルミナ等の水分、酸、酸化物などの浄化に対する効果の比較試験結果は活性アルミナが最良である。即ち、脱色力に於ては

活性炭 > 活性アルミナ > 活性白土 > シリカゲル
酸化物吸着力は

活性アルミナ > 活性炭 > シリカゲル > 活性白土
酸吸着力は

活性アルミナ > 活性白土 > シリカゲル > 活性炭
となる。

整 流 器

Rectifiers

水銀整流器

Mercury Arc Rectifiers

水銀整流器は化学工業用の大電流のものには水冷単極が益々発達する傾向にあるが、昭和 26 年には、東邦亜鉛株式会社納、2,000 kW, 4,000 A を製作した、本器は現在運転中のこの種整流器としては記録的なものである。

水冷単極型については電弧電圧の低下、励弧電力の低減冷却水温上昇等の研究が行われ成果を納めた。電気鉄道用は専ら風冷式が発達してきたが、日立製作所においては斯界に先がけて本邦最初の風冷単極整流器を製作納入した。この器種は、後に記する種々の特長を有する故将来益々発達すると信ずるが、現在は最大 2,000 kW, 1,500 A まで製作している。小容量の電鉄用は風冷多極型も受注し 500 kW, 1,500 V を製作した。

従来使用されていた水冷多極型は中容量までは風冷単極型に移る傾向であるが、今尚多くの実績に示された信頼度が捨て難いものがある。昭和 26 年度においても改良型水冷多極器を製作した。

排気装置は現状においては不可欠のものであるが、真空ポンプ及びマクレオード真空計の性能の改良に努力した結果、夫々満足すべき成果を収めた。即ち、水銀ポンプは動作温度範囲を拡大し、回転真空ポンプは排気性能を落さずして小音となり、マクレオード真空計は著しく小型となつた。

水冷単極整流器及び風冷整流器の実績は好調であるが研究の主体は更に逆弧を完全に防止し、且つ効率良好な整流器製作に向けられている。単極整流器に関する基礎研究の結果は実際に応用して良好な成績を得ている。単極整流器においてに励弧電力の減少は重要な問題であるが、研究の結果は、従来の 30% 以下の電力で安定な励弧を得ることが示唆され、実際の整流器には余裕をとつて慎重に応用されつつある。

風冷整流器の封緘は耐熱パッキングを使用する方法と耐熱碍子封緘を使用する方法と何れも採用している。

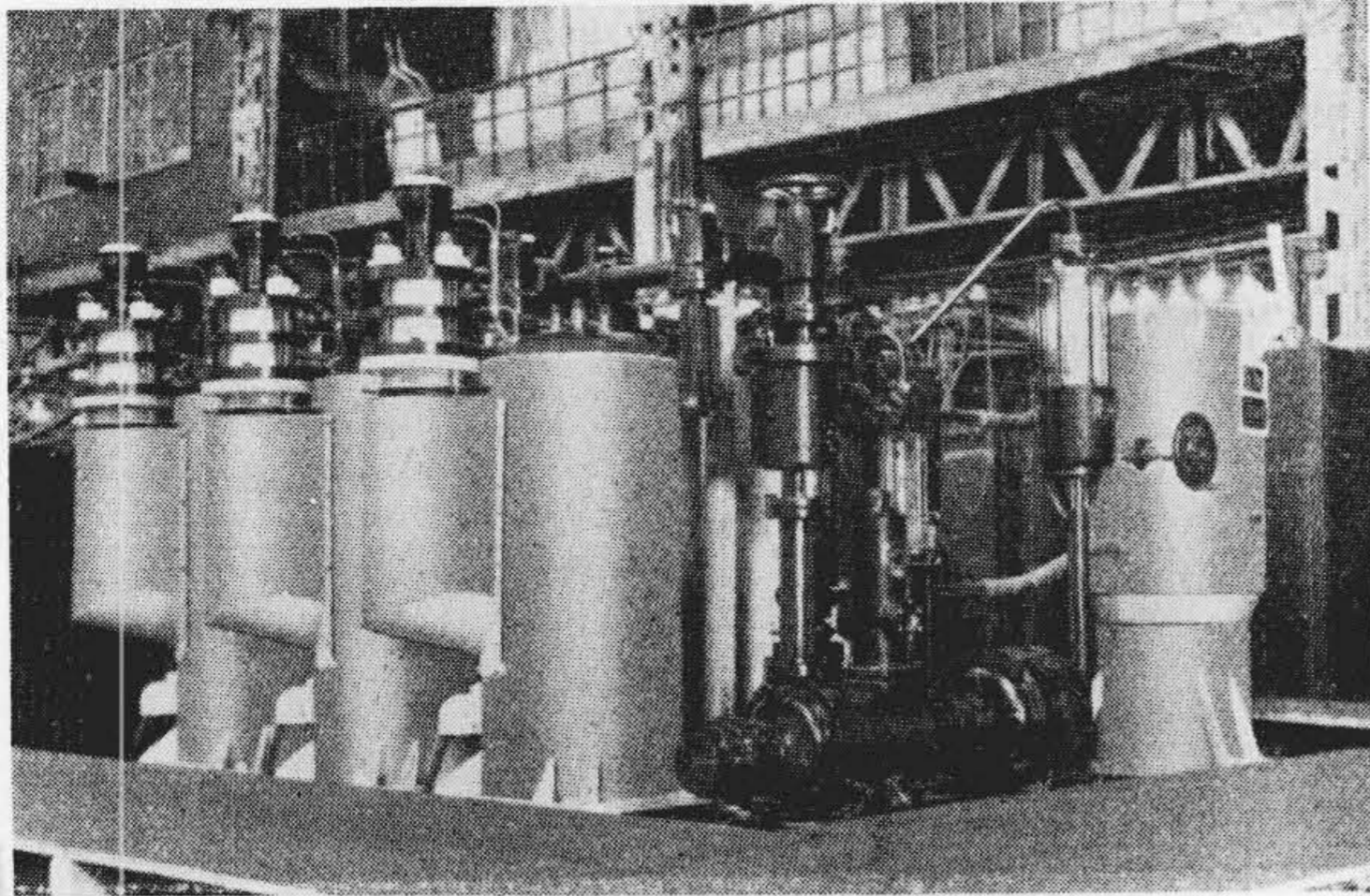
風冷式単極水銀整流器

近時風冷式水銀整流器に対する需要の昂つて来たのに対し、風冷式の利点と単極型の利点とを兼ね備へた、風冷単極整流器を他社にさきがけて開発し、本邦最初の備南電鉄株式会社玉変電所納 1,500 V 500 kW 公称定格のものを完成し、昨春、好成绩裡に公開試験を終了納入した。その外観を第 20 図に示した。

本器は

i) 耐逆弧性を高め、信頼度を増加する為に、陽極室と水銀蒸気凝結室とを分離した。

ii) 陽極室は冷却空気の一部を割いて、強制通風冷却

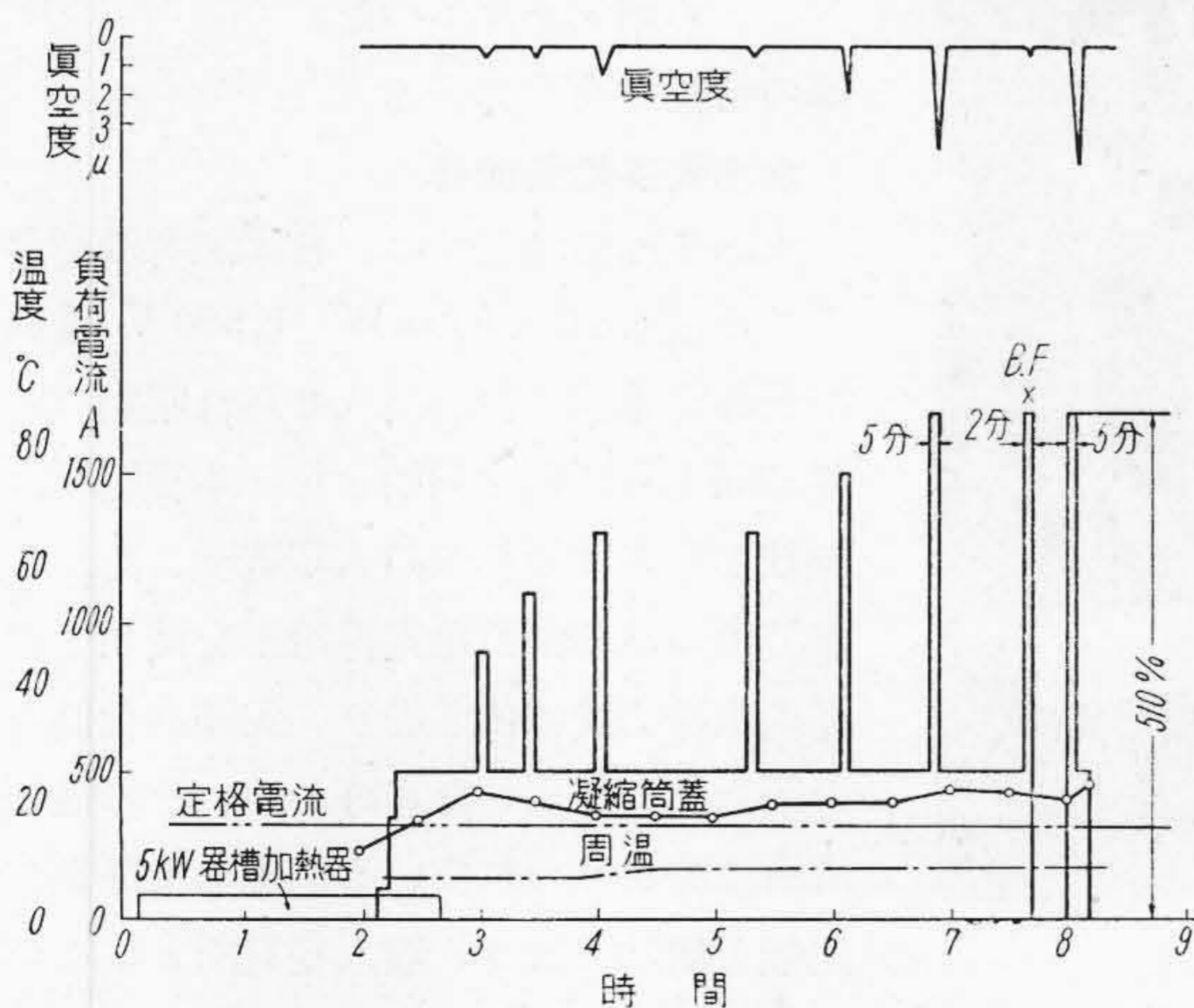


第 20 図 500 kW 1,500 V 風冷単極整流器
Fig. 20. 500 kW 1,500 V Air-cooled
Excitron Type Mercury Arc Rectifier

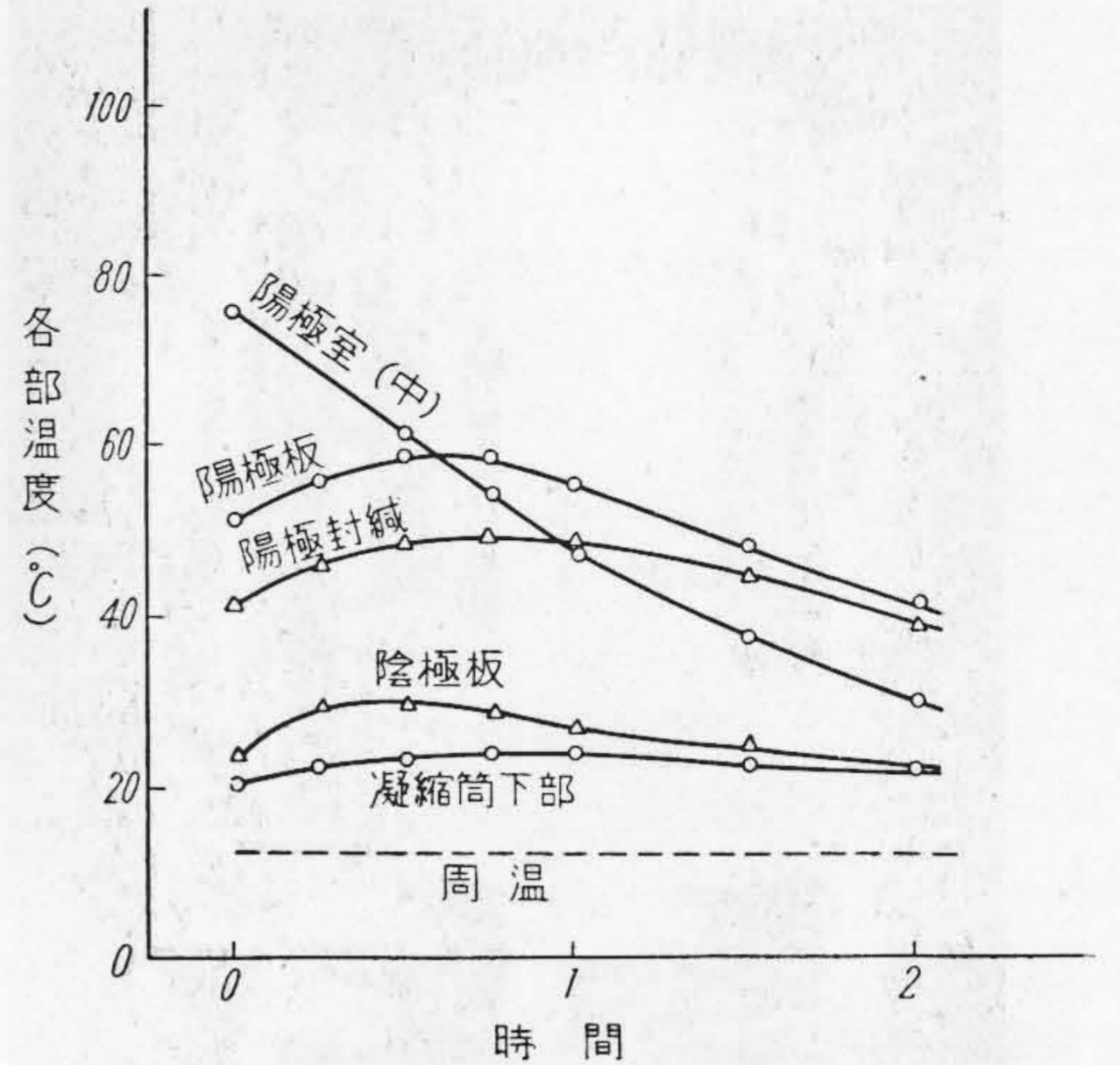
を行い、温度分布を適当にした。

iii) 封緘は碍子とゴムを使用して、分解手入に便ならしめ、従来の風冷式整流器の製作には耐熱封緘が不可欠であると云う観念を打破した。等、注目すべき特長を有し、冷却用送風機は各槽別に設けて冷却の不均衡を防ぐと共に二段速度にして、冷却効果の季節的調節を図り送風機故障に対しては、遠心力開閉器により保護の万全を期した。又風冷式の場合最も問題になる騒音に対しては、送風機設計、整流器構造につき特に考慮を払った。

試験結果の 1 部を摘記すれば、電弧降下は室温 9°C 定格電流に於て 22 V であり、多極器に比し低く、過負荷耐量は第 21 図に示す如く極めて大きく、又、5 槽運転の場合の容量の低下は 80% に止り、停電時に於ける各部温度変化は第 22 図に示す通りで異常温度上昇は見られず、水冷式整流器に比し、信頼度に於て何等遜色はない事が確認せられた。



第 21 図 5 分間負荷耐量試験
Fig. 21. 5 Minutes Load-limit Test



第 22 図 負荷遮断と同時に冷却扇停止せる場合の各部温度変化

Fig. 22. Temperature Change of Principal Parts after Load-off and Cooling Fan Stopped at the Same Time

化成は極めて迅速であり、1 槽の化成所要時間は約 2 時間で充分であり、5 槽運転の可能と共に、運転の信頼度を著しく増大する結果となつている。

騒音は 55 フォンで、一般事務所程度に止り問題にならない。

風冷単極整流器は、多極型では不経済となる大容量のものまで製作する事が可能であつて、現在 750 kW 600 V、公称定格、1,500 V 2,000 kW 重負荷公称定格のものを製作中である。

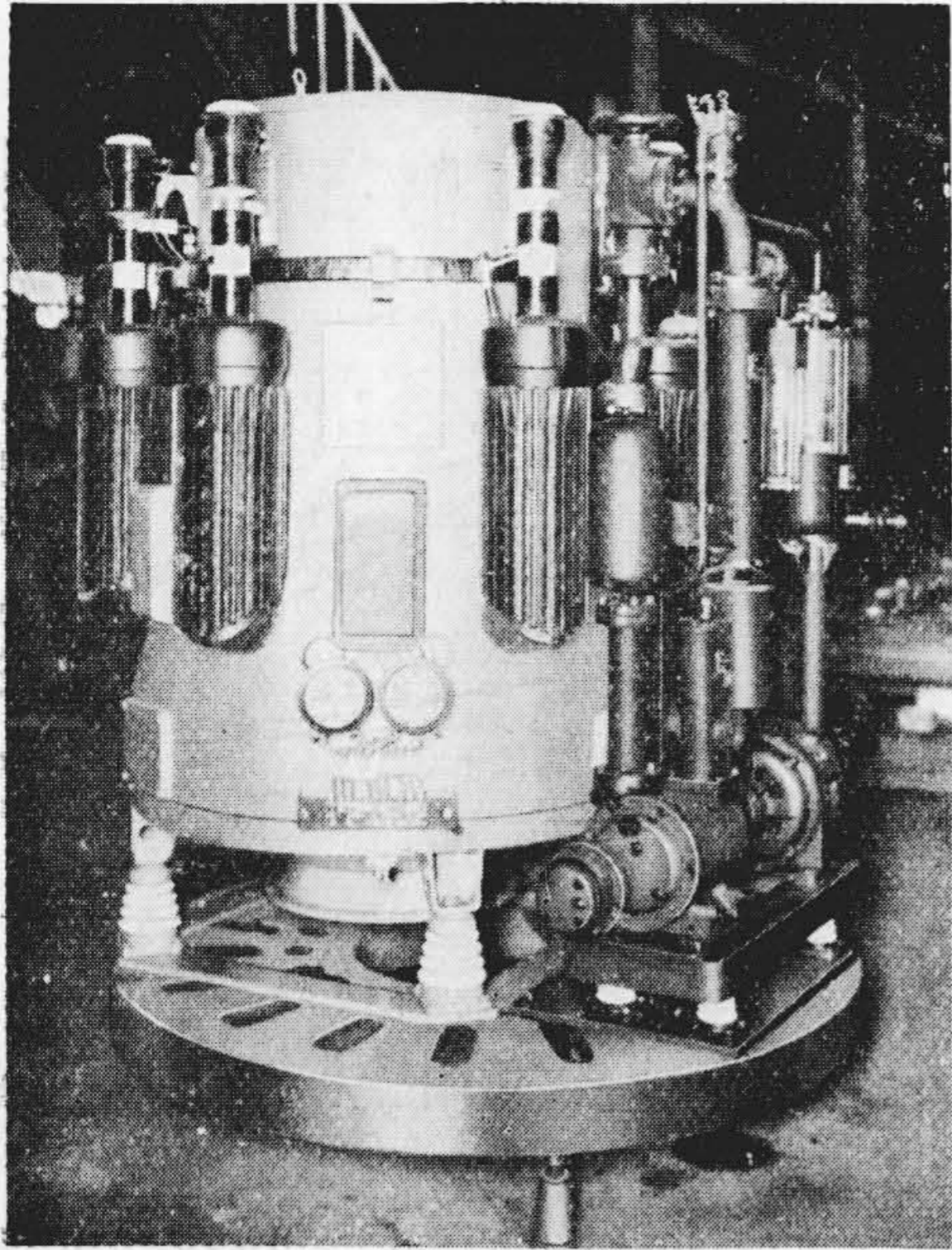
風冷式多極水銀整流器

風冷多極整流器は十和田鉄道株式会社七百変電所に、500 kW 1,500 V 公称定格のものを 2 台納入し、昭和 26 年 5 月以来好調に運転を続けている。本器の外観を第 23 図に示した。

本器は次の如き特長を有する。即ち

- i) 陽極始め格子点用弧極封緘はすべて碍子と鉄との鑲付による耐熱封緘を使用した。
 - ii) 陽極室と水銀蒸気凝結室とを分離し、凝結室内には蒸気ガイドを設け、陽極室内の蒸気密度を適当にした
 - iii) 風洞下部を膨まし、陽極室入口部分の冷却を強化温度分布を適当にした。
 - iv) 風出口には消音風洞を設けた。
- 等である。

本器に用いた耐熱封緘は、碍子の表面に鉛層を焼付け金具との間を特殊の方法により鑲付するもので、その気密は極めて完全で、機械的強度も大であり、破壊試験に於ては碍子が破損し、鑲付面の剝離は見られない。従つ

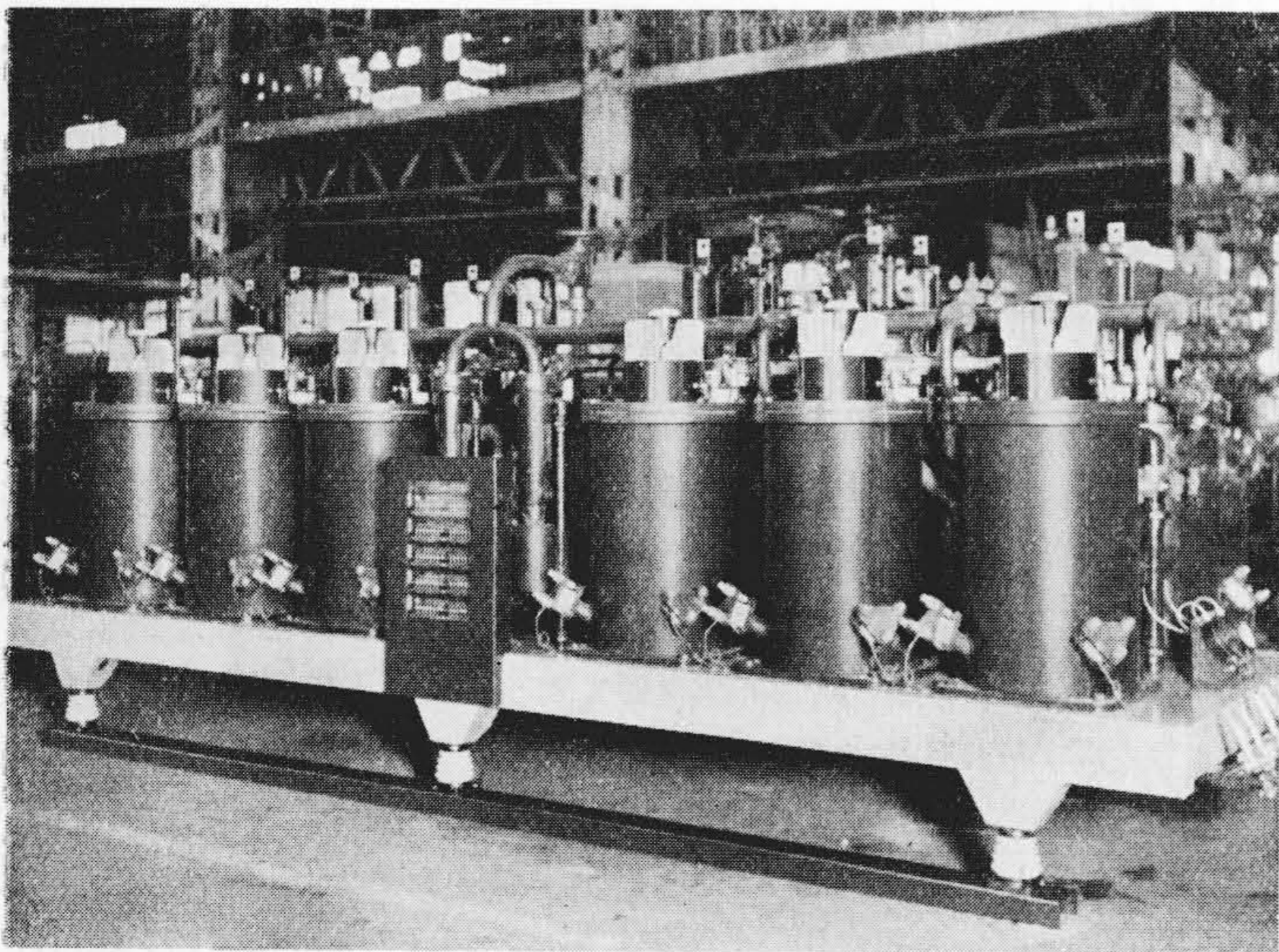


第 23 図 500 kW 1,500 V 風冷多極整流器
Fig. 23. 500 kW 1,500 V Air-cooled Multi-anode Mercury Arc Rectifier

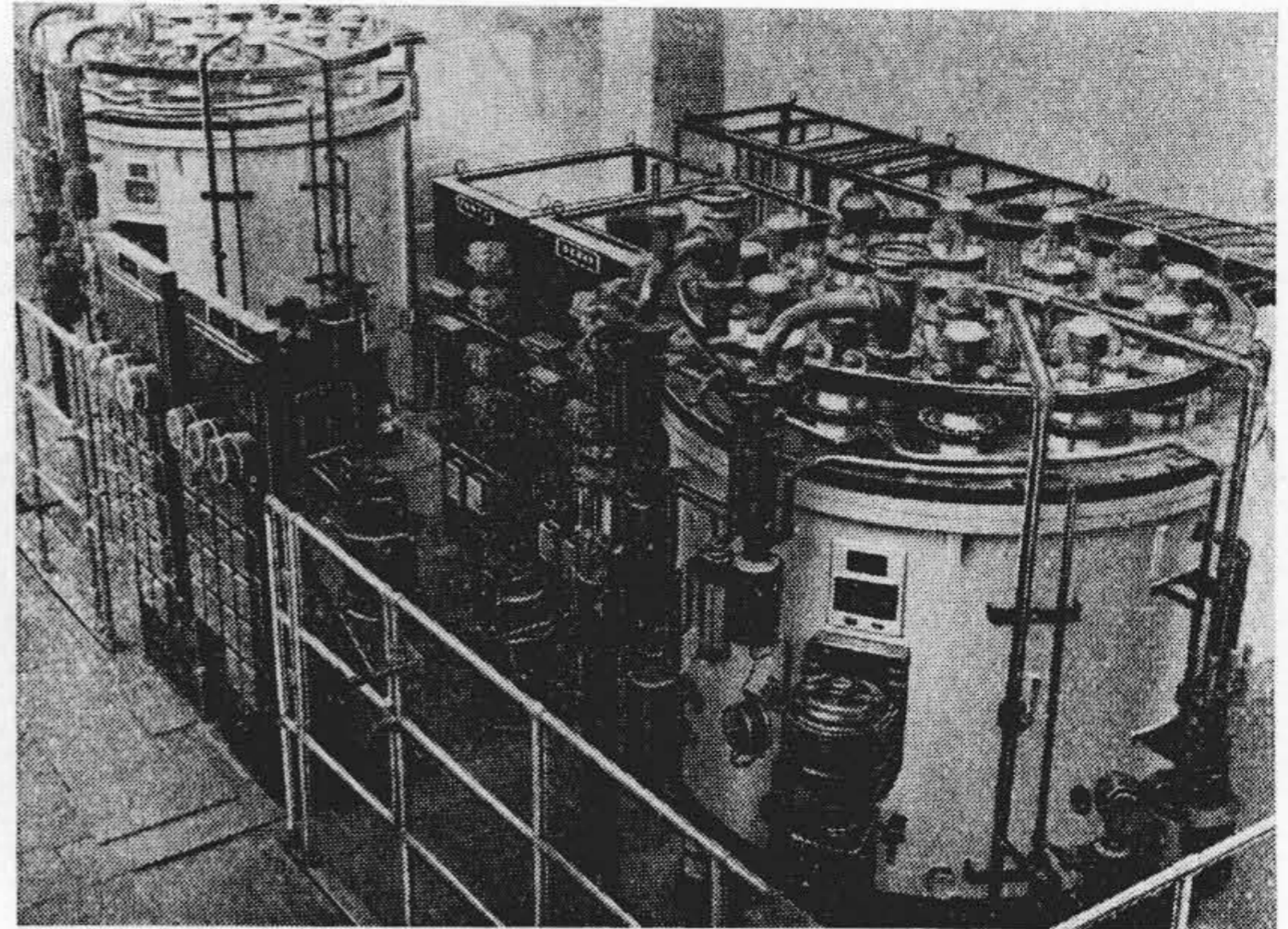
てこの封緘を使用した本器の気密度は極めて良好で、輸送据付に要した約 20 日間に於ける真空圧力の増加は $0.3 \sim 1 \mu$ に過ぎず、ポンプ無し整流器の実現に一步を進めたものとして意義が深い。

水冷式単極水銀整流器

水冷単極整流器は東邦亜鉛株式会社安中工場納 2,000 kW/1,000 kW 500 V/250 V 4,000 A 連続定格のものを



第 24 図 2,000 kW 500 V 水冷単極整流器
Fig. 24. 2,000 kW 500 V Water-cooled Excitron Type Mercury Arc Rectifier



第 25 図 日本国有鉄道茅ヶ崎変電所 2,000 kW
1,500 V 水冷多極整流器

Fig. 25. 2,000kW 1,500V Water-cooled Multi-anode Mercury Arc Rectifier

製作した。本器は亜鉛電解電源用であつて、格子率 80 %を保証するもので、600 V 級電気化学用単極整流器としては本邦の記録品である。本器の外観を第 24 図に示した。

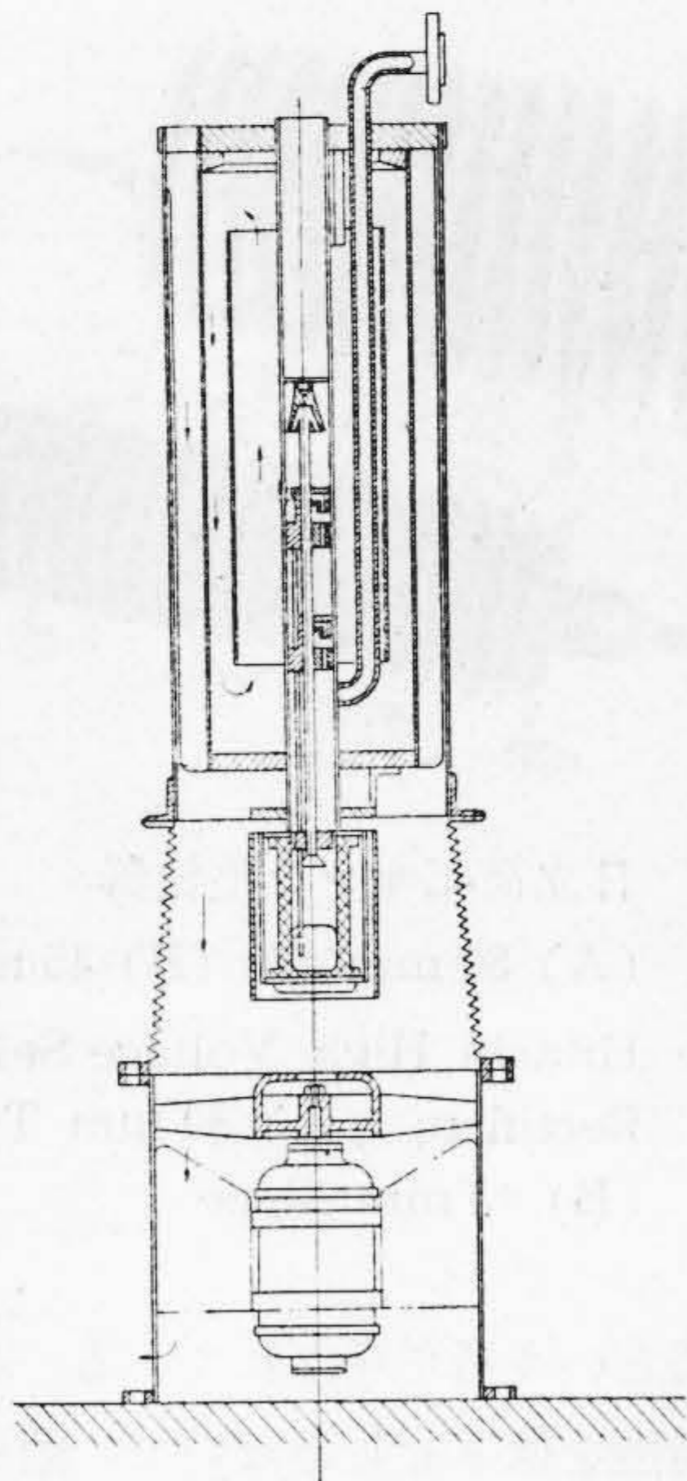
本器は

- i) 陽極部分の温度を最適に調整しうる新型加熱装置を設け信頼度を増大せしめた。
- ii) 陽極部分構造を従来より一段と堅牢とした。
- iii) 格子は二重格子とし、格子制御の確実を期した。
- iv) 耐弧極の設計を苦心改良し、従来よりも更に小電力にて安定な励弧を得ている。スプラッシュバブルの形状を適当にして電弧降下の低下をはかつた。
- v) 円筒には螺旋状冷却水ガイドを設け、冷却水を循環せしめ冷却効果の増大をはかつた。

等の特長を有している。

水冷式多極整流器

水冷多極整流器では、日本国有鉄道茅ヶ崎変電所納 2,000 kW 1,500 V 重負荷公称定格器 2 台が納入せられ昭和 26 年初頭より運転を開始した。本変電所は国鉄としては最初の無人変電所であり、整流器の冷却は風冷式再冷器を使用する循環水冷方式に依て居り、尖頭負荷制限の新方式を採用した点等から、その運転成績は注目せられているが極めて好調な運転を続けて居り、無人変電所とするに十分な信頼度を有する事が実証せられている。その他京王帝都電鉄株式会社代田



第 26 図 密閉型風冷式水銀ポンプ
Fig. 26. Air-cooled Mercury Vapour Diffusion Pump

変電所納 2,000 kW 1,500 V 重負荷公称定格器も、昭和 26 年末運転開始の予定である。

現在製作中のものには、国鉄型 1,500 V 2,000 kW 重負荷公称定格器 6 台及び、帝都高速度交通営団納 600 V 1,500 kW 重負荷公称器 2 台がある。これらは共に無人変電所に適する様な性能を有するもので、

i) 広範囲の温度変化に対し、失弧通弧の懼れが無い設計とした。

ii) 陽極部分構造を従来よりも一層機械的電氣的に強固ならしめた。

iii) 陽極加熱を徹底し、信頼度を高めた。

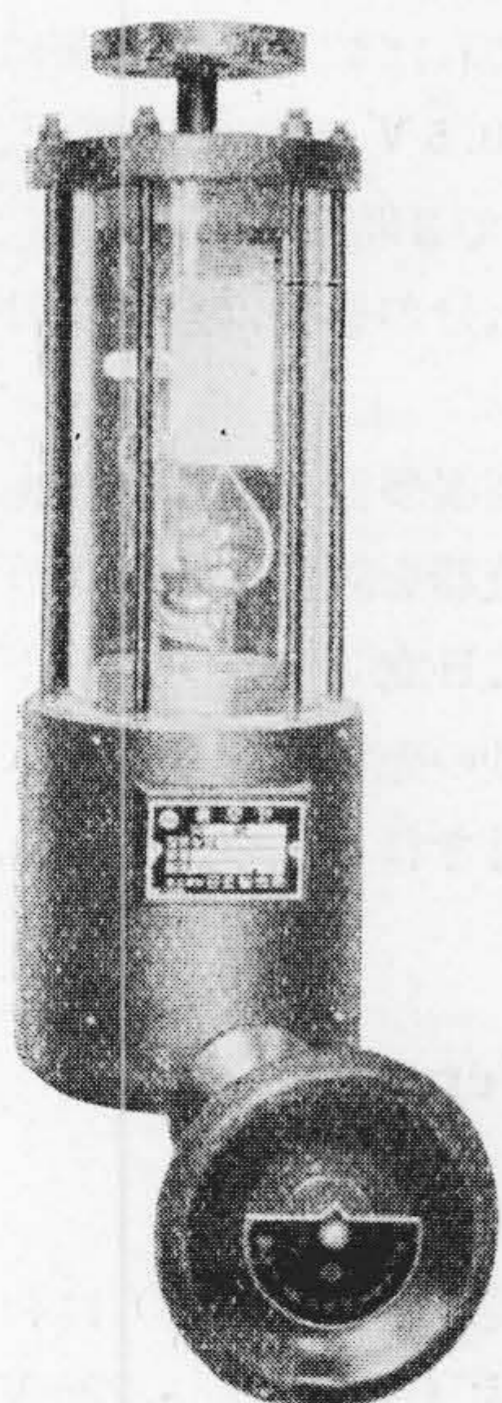
iv) 点弧方式を水銀吹上式とした。

等の改良が施されている。

排気装置及び真空計の改良

1) 水銀ポンプ

従来の水銀ポンプは冷却水温が 30°C を超えた場合には排気速度の低下が見られたが、研究の結果



第 27 図 新型マクレオード真空計

Fig. 27. New Type Mac'leod Vacuum Gauge

主として内部構造を変更する事により、47°C に於ても排気速度の低下しない水銀ポンプを完成する事が出来た。上述の風冷式整流器にはこれを風冷式再冷器と組合はせて使用したが、その後改良して現在第 26 図に示す如き、水銀ポンプと再冷器を 1 体とし、冷却扇を取付けた型のものを製作中である。この型は、冷却水の補給を殆んど必要とせず、熱容量が大きいから停電時の水銀逸出の心配がなく、取付場所が節約出来る利点を有している。(特許出願中)又、全然冷却水を必要としない型のものを製作中であり、この型の冷却扇電動機は直流電動機を使用し、停電時に備えてある。(特許出願中)

2) 回転真空ポンプ

日立回転真空ポンプは二段式であり、排気速度大きく、到達真空度高い特長を有していたが、この事は騒音の増大の原因をなしてこの騒音を除去する事が強く要望されていた。従来市場にあつた。回転ポンプの如く排気速度を低下せしめて消音を行うことは簡単であるが、ポンプの性能を低下せしめずに消音する点に研究を要した。改良の結果は性能は殆んど変わらず騒音は 75~70 フォーンを 50 フォーンに減少することができた。

3) マクレオード真空計

従来のマクレオード真空計を改良し、第 27 図に示す如き新型マクレオード真空計の完成を見た。この型は従来のものに比し、高さ約 30% 重量約 70% になつて居る。

更に、現在は回転型マクレオード真空計を製作中である。本型式は、ゲージバルブを回転する事により、真空測定を行うもので、回転機構は永久磁石と磁路を兼ねた歯車をハンドルにより回転するものである。(特許出願中) この型式のものは、第 27 図のものに比し、高さ約 40% 重量約 40% の軽量小型のものである。その他次の利点を有している。

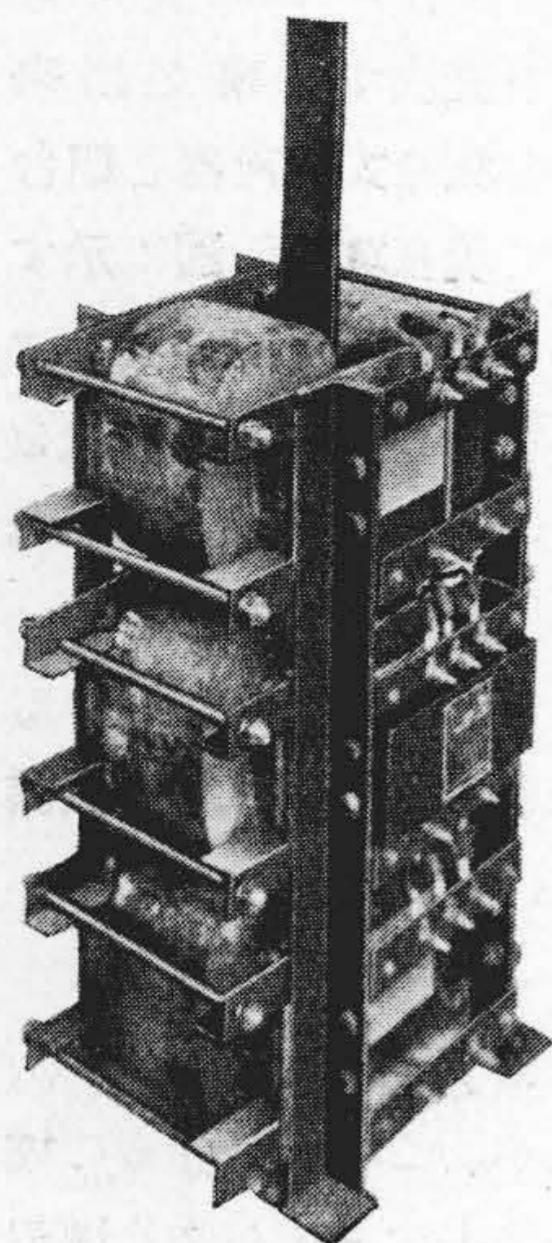
i) 水銀がゴムや大気に触れぬため汚れない。

ii) 数回の回転により、真空測定が可能である。

iii) 水銀柱の動揺が無いから極めて測定し易い。

尖頭負荷制限装置

水銀整流器は格子制御の応用により種々の特性を有せしめる事が可能であるが、その一つの応用として、負荷電流に応じて格子制御を行い、尖頭負荷を或る値に制限する事が考えられる。従来負荷電流に応じて格子制御を行う方式として色々あるが、機械的連動部分を含む為速応性に於て充分でなく、調整保守が厄介な嫌いがあつた。日本国有鉄道茅ヶ崎変電所に納入した尖頭負荷制限装置は、可飽和リアクトルと抵抗との組合はせよりなる移相装置を使用し、純電氣的に移相を行わせる方式のものである。可飽和リアクトルの構造は第 28 図に示す如



第 28 図
移相リアクトル
Fig. 28.
Phase-shifting
Reactor

く、直流母線を囲繞する空隙付鉄心に、直流予備励磁巻線と、交流巻線を設けたもので空隙長、直流予備励磁電流を変化せしめる事により、負荷電流に応ずる移相の大いさを調整する事が出来る様になつている。(特許出願中)

本装置を使用した場合の水銀整流器の負荷特性は第 29 図に示す通りで、本装置を使用しない場合及び使用せる場合の最大尖頭負荷は約 5,000 A 及び約 3,500 A で昭和 26 年 4 月以来好調に運転中である。

本装置の特長としては

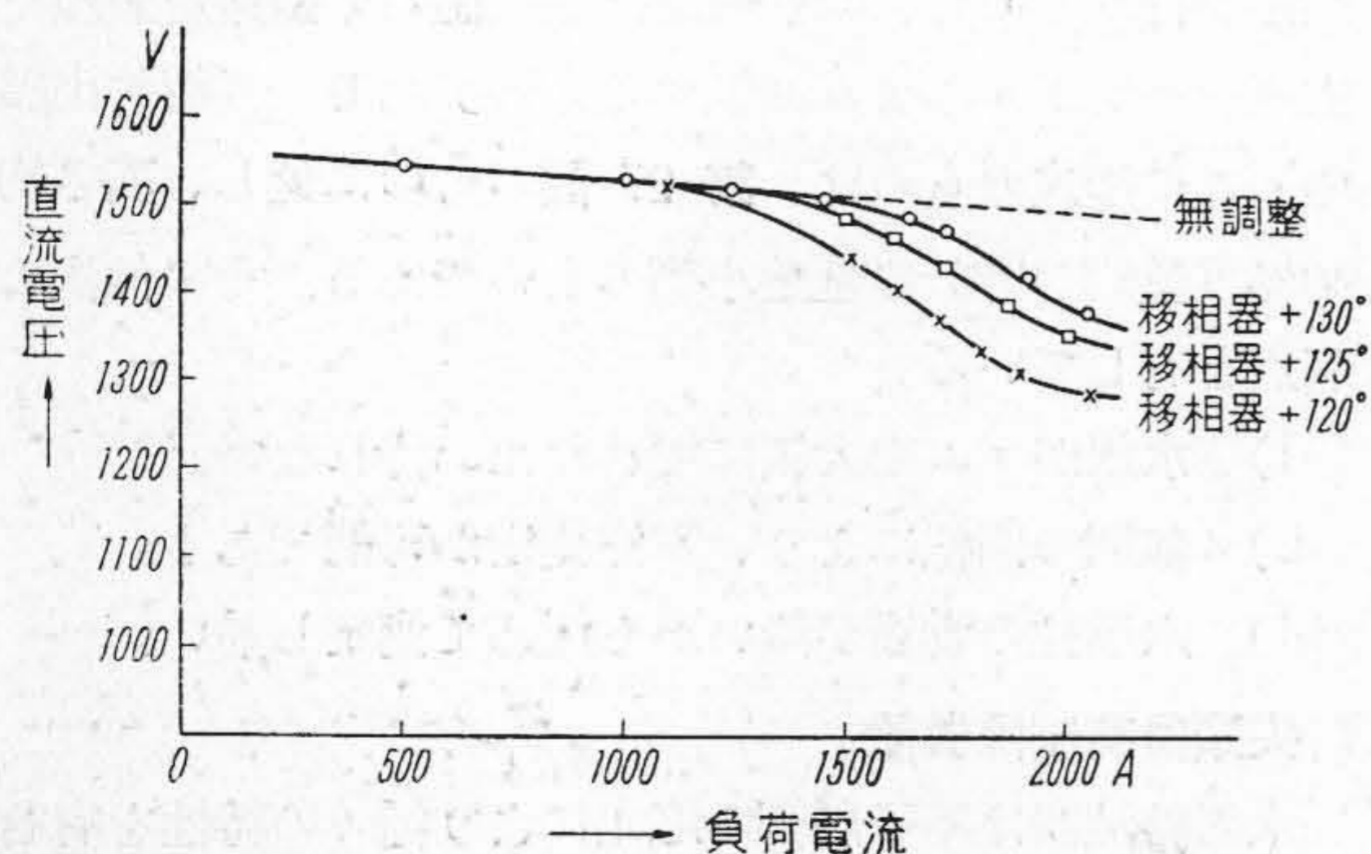
i) 純電氣的移相方式による事、及び第 28 図の如き構造によつている事より速応性が極めて大である。

ii) リアクトルと抵抗の組合によるため、信頼度が高い。

iii) 調整範囲が極めて広く、調整容易である。

iv) 格子遮断特性を害わない。

等が挙げられ、本装置の僅かの変更により、電動機速度制御、定電流装置、静止レオナード移装装置等に応用する事が可能である。

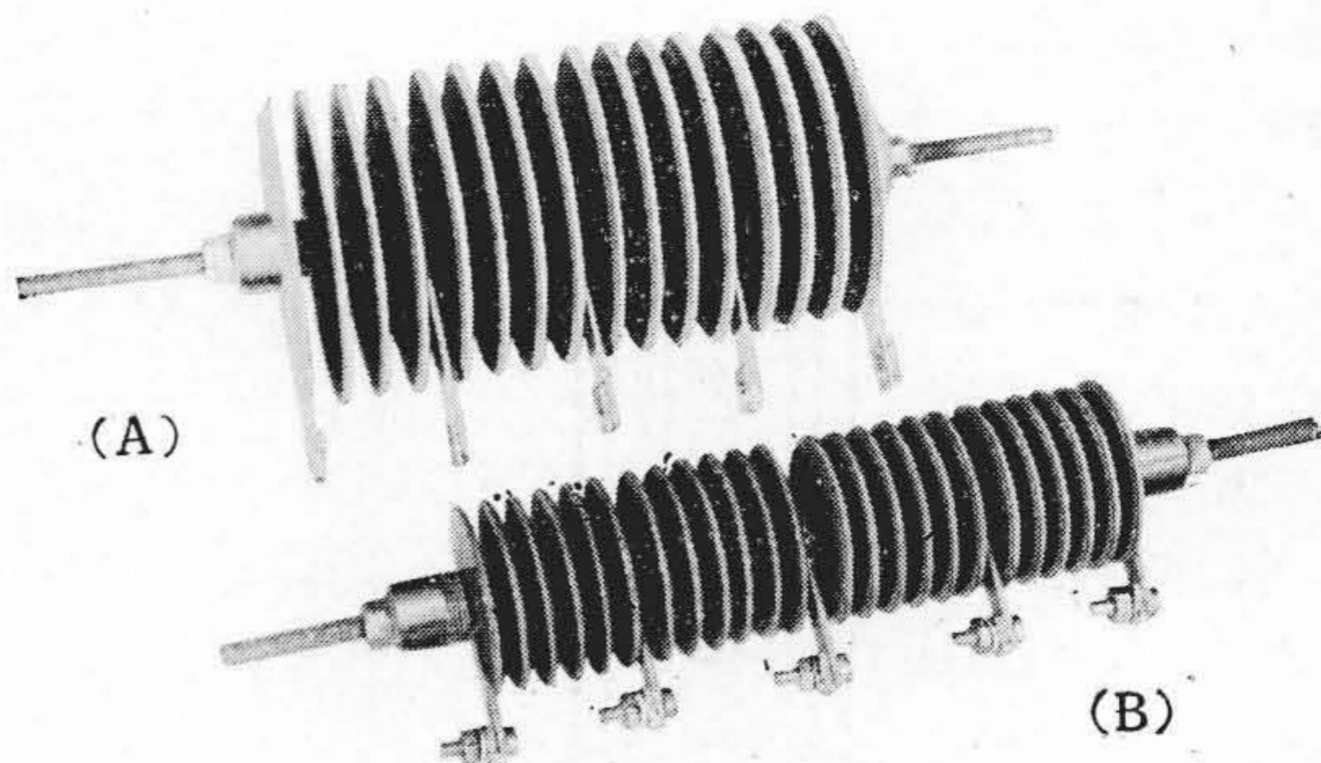


第 29 図 尖頭負荷制限装置を使用せる場合の負荷特性曲線

Fig. 29. Load Characteristic Curves of Mercury Rectifier Used with Load-limiter

セレン整流器 Selenium Rectifiers

最近セレン整流器は 1 枚当りの逆耐電圧が 25 V 程度のもので工業的に生産されるようになり、いわゆる倍電



第 30 図 日立高圧セレン整流器
(A) 80 mm 型 (B) 45 mm 型

Fig. 30. Hitachi High Voltage Selenium Rectifiers (A) 80 mm Type (B) 45 mm Type

圧セレン整流器という名で呼ばれている。これは従来の整流板の正流特性を低下せしめないで、耐圧を上昇せしめ得る実用的限度と思われる。

日立製作所に於ては日立研究所、中央研究所、多賀工場等の協力下に、高圧セレン整流器の研究を進め、先年特殊の人工堰層を設けることによつて、耐圧の高い整流板を作る方式を確立することが出来た。

一般にセレン整流器の欠点の一つは、耐圧が貯蔵中に劣化することで、数ヶ月の貯蔵で完成直後の 50% 程度に下ることも珍しくなく、時には堰層部に短絡を生じ、整流機能を失うものも見受ける。これは湿気の影響であると考えられているが、従来は完全な対策が発見されなかつた。

日立製作所では整流板製造工程中に XC-処理 (特許申請中) を新に組込むことによつて、上記欠点を完全に防止することに成功した。これによれば数ヶ月の貯蔵によつて生ずる耐圧の低下の平均は 0.5 V 程度に過ぎず、又 XO-処理整流器をそのまま水中で 3 時間煮沸しても、単に熱的影響を受けるのみで、水分の影響は全く受けないことが確められた。

上記特殊人工堰層と相俟つて、高温多湿の地に於ても安心して使用出来る高圧セレン整流器を製作出来るようになった。最近沖繩向輸出用として日立メタルクラッドスイッチギヤに内蔵せしめこの型の充電器を多数納入したが、尙今後の需要の増加が期待される。

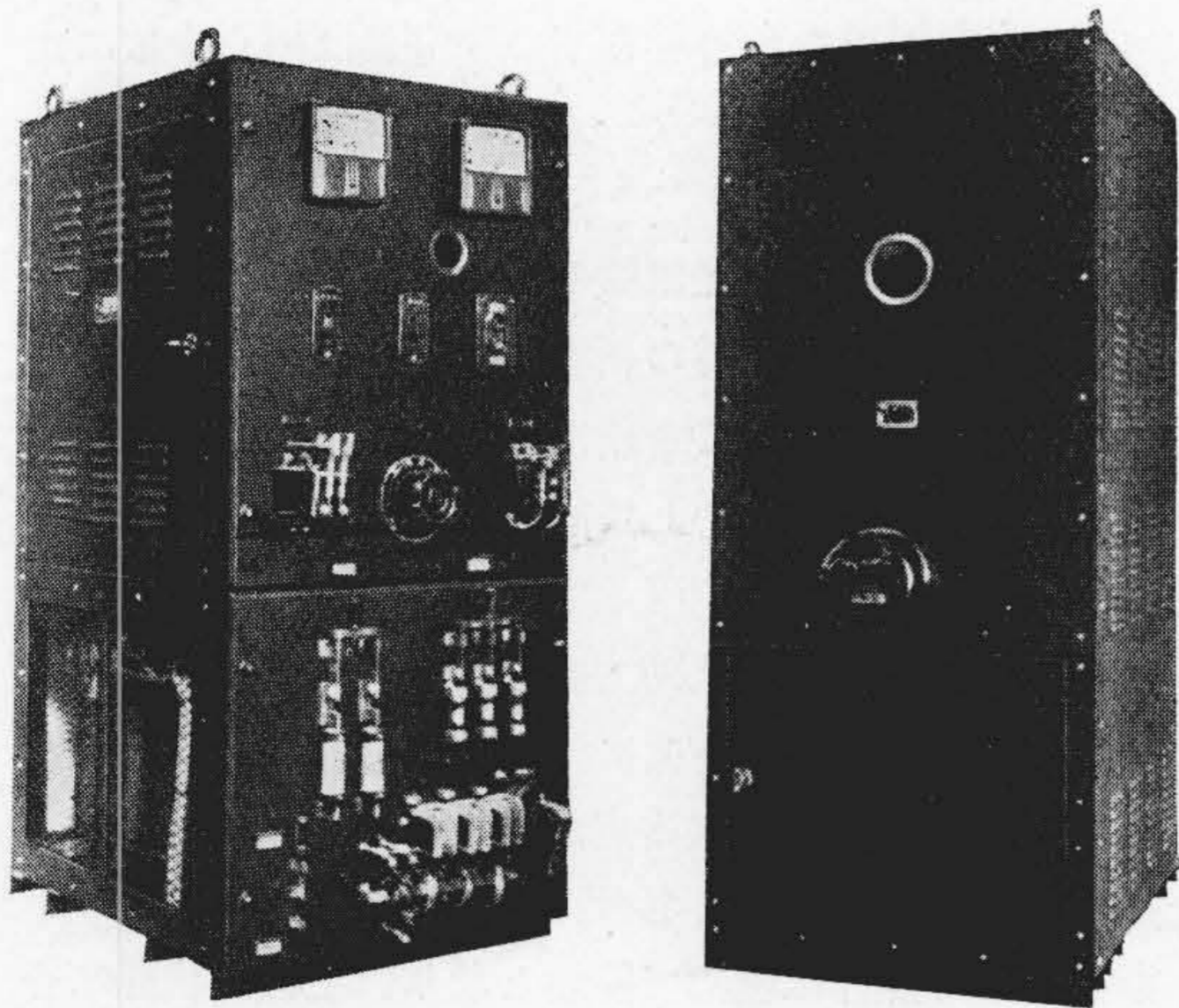
グラインバー整流装置 “Glainver” Glass Bulb Mercury Rectifier Sets

グラインバー整流装置 (ガラス製水銀整流装置) は、標準型の OCB 投入用 CE 型 S 式 (A.C. 200~220 V

50/60 ω , D. C. 125 V 10 A 連続 110 V 150 A 瞬時のもの) 及び浮動式蓄電池充電用 CE 型 BTF 式 (A. C. 200 ~ 220 V 50/60 ω , D. C. 90 ~ 160 V 50 A) の他、操作部分を配電盤に置くもの等多数が製作された。その中特殊なものを下記に述べる。

第 31 図は東京電力花畑変電所納 15,000 kVA 進相機の冷却用水素を発生させる水電解槽の電源で、CE 型 M 式 A. C. 200/220 V 50/60 ω , D. C. 50 ~ 100 V 50 A 連続、圧力開閉器による自動起動式で、キュービクルに必要器具並びに変圧器類一式を内蔵している。

第 32 図は関西電力成出発電所納蓄電池初充電並びに常時浮動式充電用のもので、CE 型 BG 式 A. C. 210 V 60 ω 3- ϕ , D. C. 90 ~ 160 V 75 A 格子制御により電圧調整を行うものである。キュービクル内には主変圧器及び電圧調整用抵抗器 (配電盤に設置) を除く総てを自蔵する。格子制御はサイラトロンと変圧器とによる尖頭波をグラインバー格子に与える方式を採用し、サイラトロンの格子偏倚電圧を調整して電圧制御するために、非常に微細な調整が出来、且電源電圧の多少の変化にも安定な運転が出来るようになっている。



第 31 図 (上左) 自動起動式グラインバー整流装置

Fig. 31. Type CE Form M "Glainver" Rectifier Set with Automatic Starting Device

第 32 図 (上右) 格子制御式グラインバー整流装置

Fig. 32. Type CE Form BG Grid Controlled "Glainver" Rectifier Set for Battery Charging

静電蓄電器 Static Condensers

昭和 25 年 9 月以降、電力用コンデンサーの大口需要が一時的に激減した。この間日立製作所に於ては、高圧用コンデンサーの生産を行いながら、余力を駆つて設備の改良製品の進歩に努力を重ねて来た。この結果従来のものより広巾のクラフト紙を使用して誘電体損失角、絶縁抵抗ともに却つて向上させることが出来、且又油量に於て約 20%, 重量に於て約 20% の節約を計ることが出来た。フィディング、タンクについては、特に熱処理に力を注ぎ特種試験と相俟つて、油洩れ事故は皆無になつた。フィディング、タンクカバーは従来半密閉構造をとつていたが、凝縮水分による腐蝕事故のためフィディング、タンクの寿命を短縮することが判り現在ではカバーに通風の孔をつけてこのおそれをなくした。

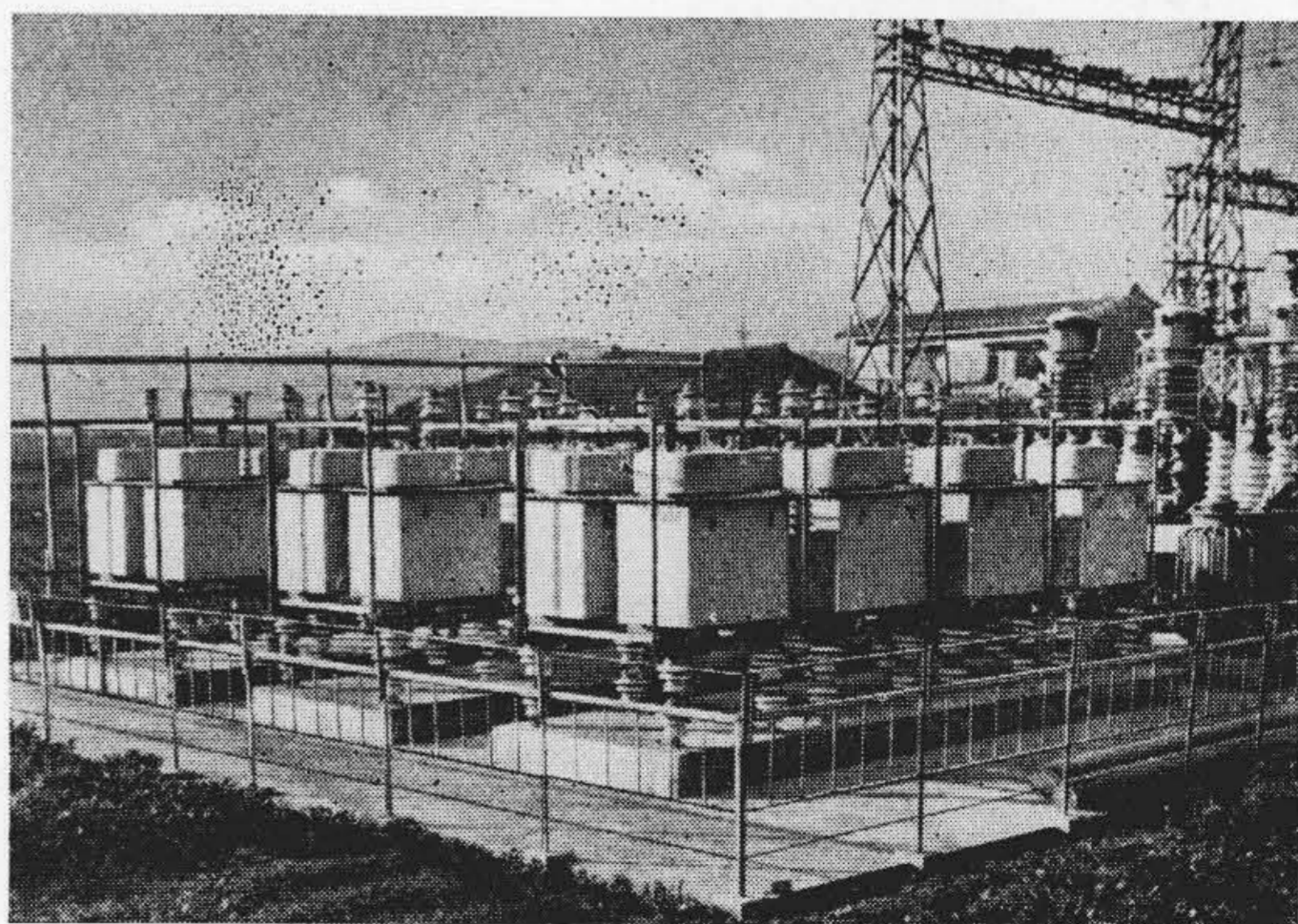
最近主なる電力用コンデンサーは次の如くである。

日発東新潟変電所 11,000 V 50 ω 15,000 kVA
(250 kVA 6,350 V 1- ϕ 63 台)

関東配電株式会社 3,300 V 50 ω 4,500 kVA
(50 kVA 3- ϕ 70 台 100 kVA 3- ϕ 10 台)

昭和電工大町工場 6,600 V 50 ω 9,000 kVA
(300 kVA 6,600 V 1- ϕ 31 台)

上記の他に衝撃電圧吸収用コンデンサーを、印度、アルゼンチン等の輸出向も含み多数製作した。又高周波電気炉用、結合蓄電器、衝撃電圧発生装置用等多数製作した第 33 図は四国配電応神変電所納 66 kV 60 ω 6,000 kVA の据付写真である。



第 33 図 四国配電納 66 kV 6,000 kVA 静電蓄電器現地外観

Fig. 33. View of 66 kV 6,000 kVA Static Condenser