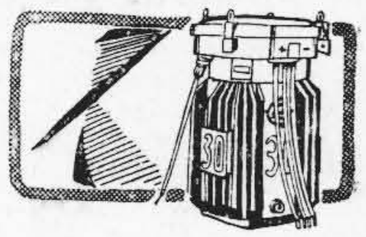
〔III〕 静　止　電　気　機　器

ELECTRIC STATIONARY MACHINES



概　　説
Introduction

ここ数年来活潑な展開を見せた電源開発に呼応して、28 年度は送変電並びに電力応用方面も活況を呈して来た。これに使用される変圧器、水銀整流器等の静止電気機器も量的のみならず質的にも記録に値するものの出現を見た。量的の問題は発電出力の増加に伴う必然の結果であるが、質的成果には、飛躍的進歩の跡を印したものと考えられる。

密封構造及び真空注油による変圧器、計器用変成器、静電蓄電器等の絶縁性能の向上保持は従来の兎角原因の探究困難とされた絶縁事故の発生抑圧には大いに期待される。又変圧器の騒音減少に一歩を進めた構造のものも 27 年より 28 年にかけて出現した。小型負荷時電圧調整器は従来も製作されたことはあるが、開閉器その他に於て更に長寿命のものが出来ない限り、保守の点に於て誘導電圧調整器には及ばぬとされていたが、28年度はこれに対して解決が与えられたため、配電線の電圧調整は更に経済的に行えるようになつた。然し乍ら誘導電圧調整器も一日数百回以上というような極めて高頻度の動作を行う場合或は電圧の平滑調整を必要とするような場合には、回転子引出しに滑動環を用いた型によつてその優位を保つことは申すまでもない。大容量変圧器で完全装備のまま運搬可能なもの即ち全装可搬型の出現も欣快に堪えない。

整流器界に於ても風冷単極器の発達は遂に容量に於ける世界記録を生むに到つた。又真空ポンプ不要の封じ切り整流器の出現など技術的進歩の目覚ましいものがあつた。

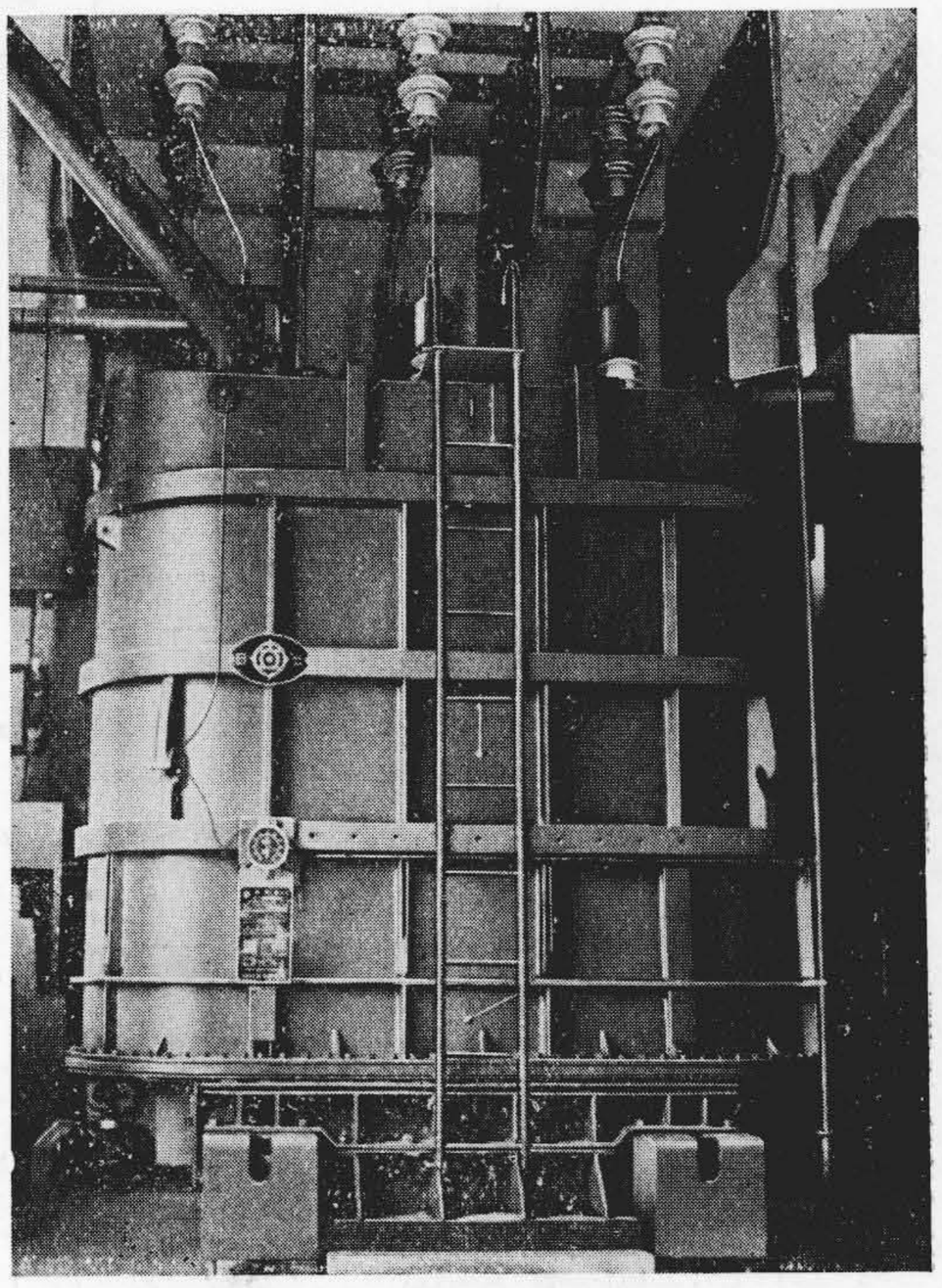
交流送電々圧は我国に於ても超高圧が益々普及の方向に進み、九州電力上椎葉発電所 135,000 kVA 変圧器は近く完成されんとしておる。直流送電も又具体的問題となり、これに使用する高圧水銀整流器も製作されて研究の推進に重要な役割を果すことになつた。

変　圧　器
Transformers

電　力　用　変　圧　器
Power Transformers

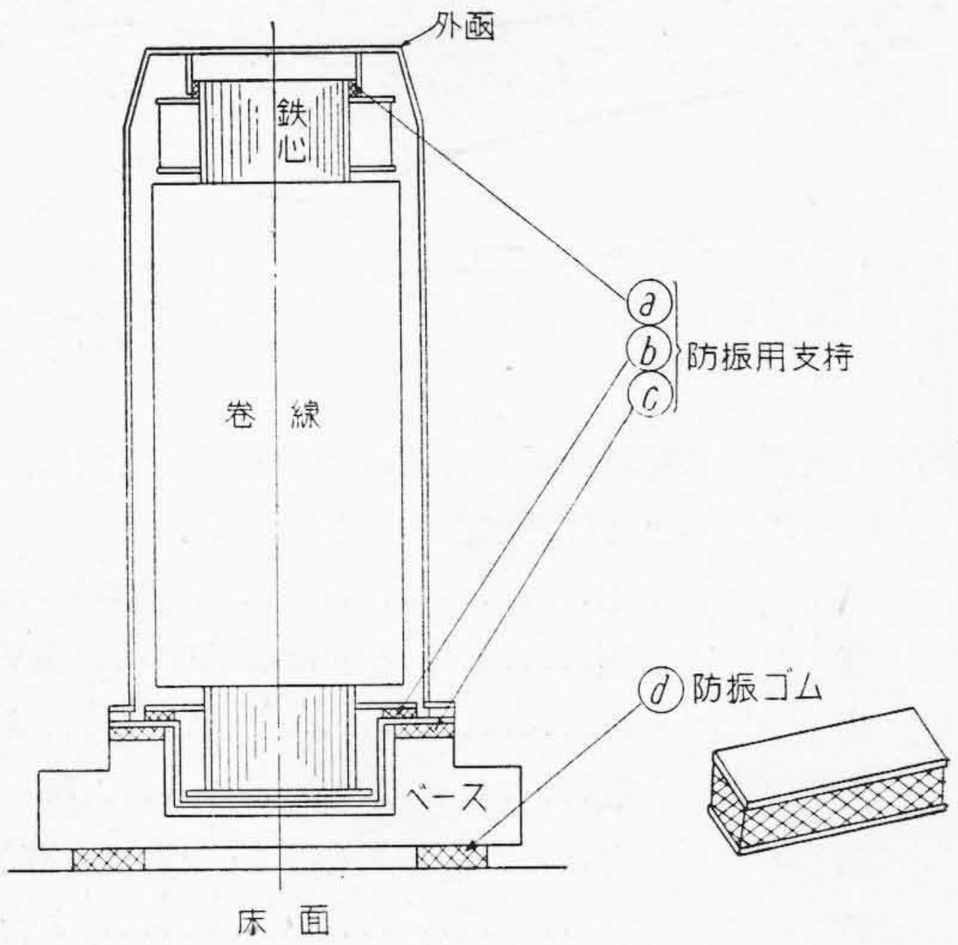
東京電力日比谷変電所 30,000 kVA 変圧器の騒音測定

都心変電所主変圧器として、騒音防止に新しい試みをとり入れて製作された 30,000 kVA 変圧器が運転を開



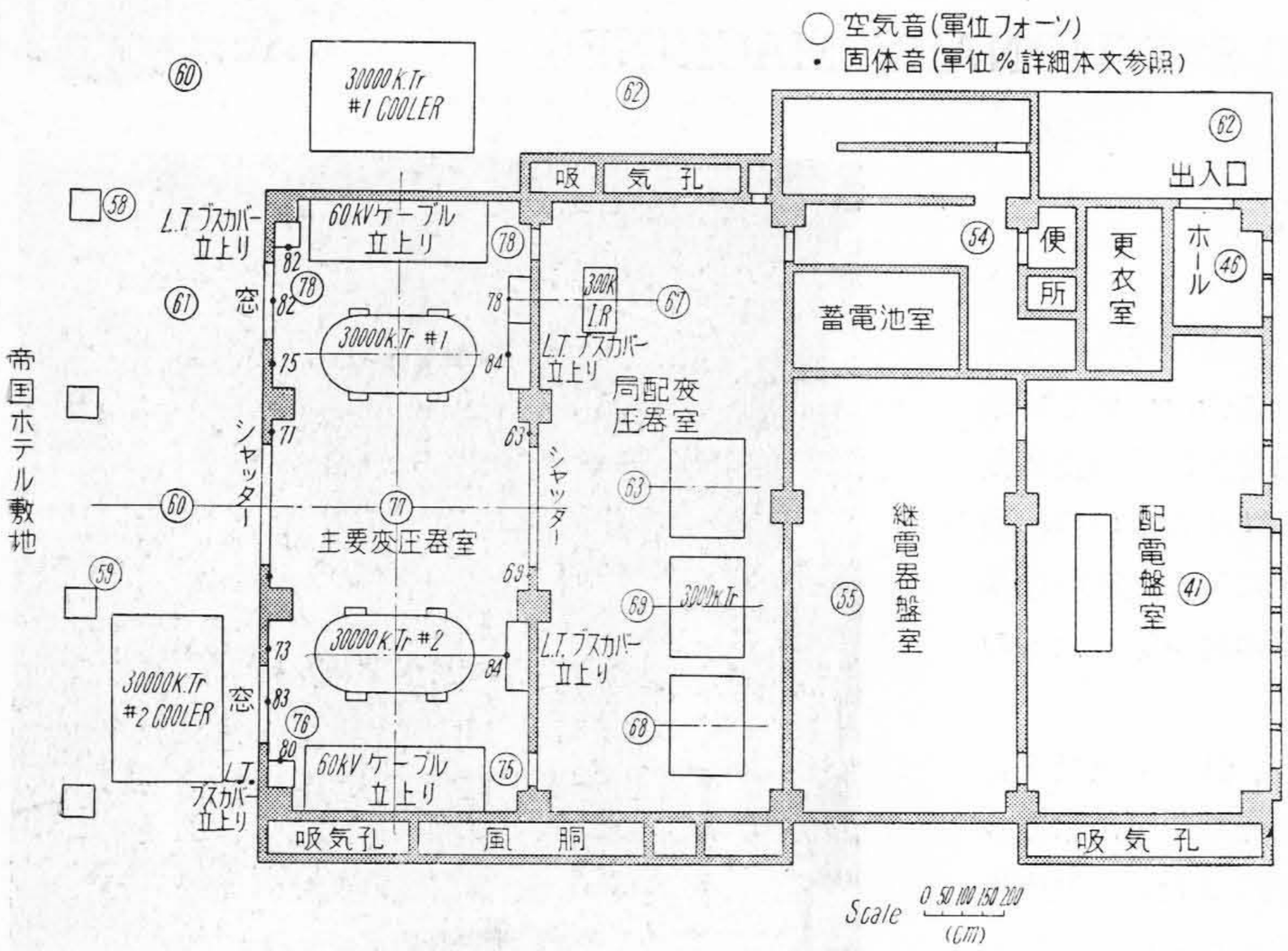
第 1 図　30,000 kVA　変　圧　器
三相 63/22 kV 50～ 送油自冷

Fig. 1.　30,000 kVA Transformer



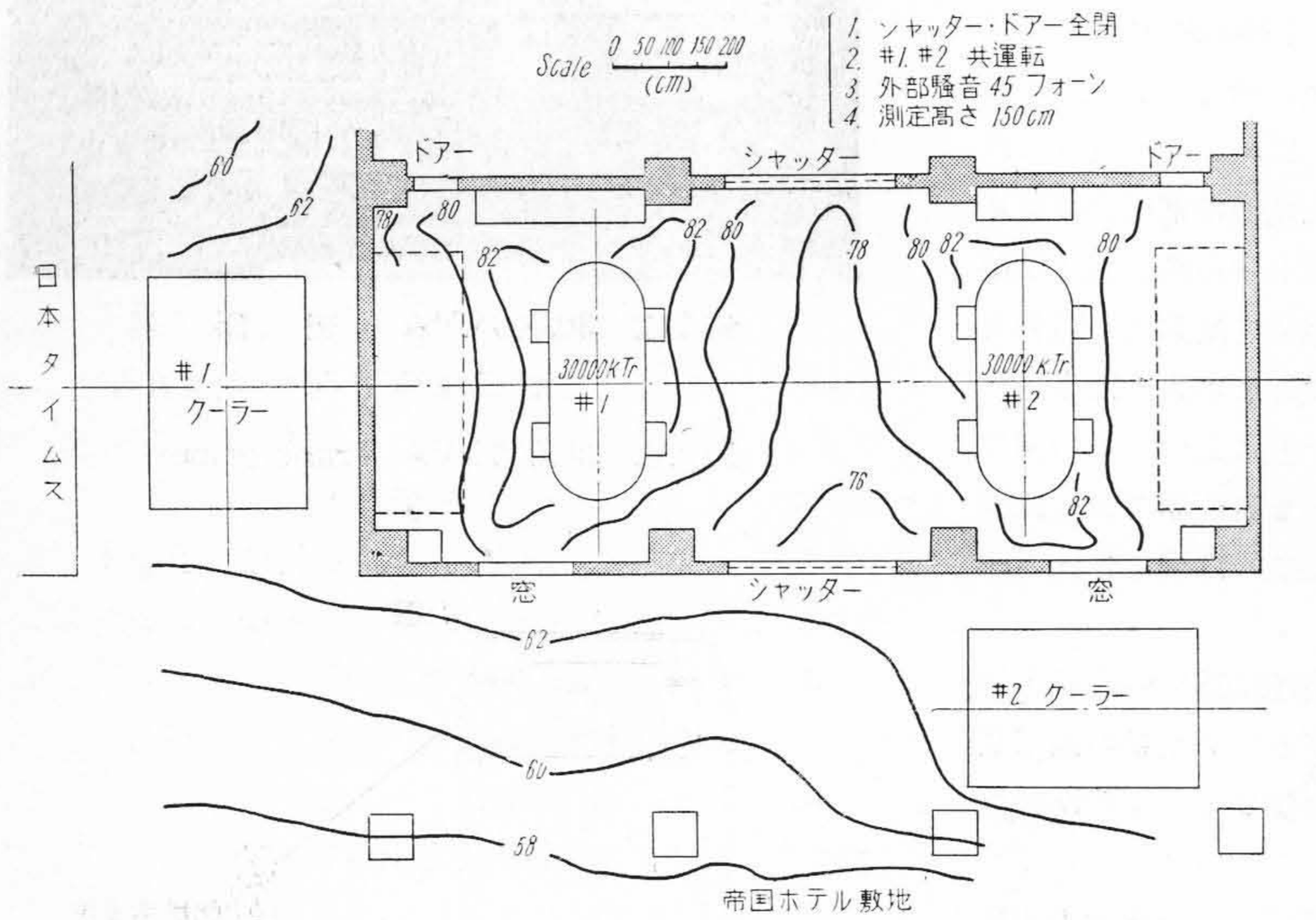
第 2 図　30,000 kVA　変 圧 器 構 造 図

Fig. 2.　The Construction of 30,000 kVA Transformer



第3図
変電所地上1階に於ける各部の空気音及び固体音

Fig. 3.
Results of Noise Measurement for Main Part of Substation



第4図
変圧器室及び屋外騒音分布

Fig. 4.
Distribution of Sound Levels

始した機会に現地に於て綜合的に騒音測定を実施した。

（1） 本器の主な仕様は次の通りである。

出　　力	30,000 kVA
電　　圧	63-60-57/22/(3.3)kV
相　　数	3
周 波 数	50～
結　　線	人/人/△(三次は内蔵)
台　　数	2台
冷却方式	送油自冷

変圧器本体は変電所建屋内に設置し、冷却器は屋外に据付けた。**第1図**（前頁参照）に本体の外観を示す。

（2） 騒音及び振動を低減させるためとられた主な対策は次の通りである。

（A） 鉄心の磁束密度は出来る限り低くとると共に、珪素鋼板は波打の無いものを選び、組立作業には特別な注意を払い十分な締付を行つた。

（B） 絶縁物の経年収縮による巻線の弛みを防ぐために、試作研究結果による適当な真空乾燥処理を行うと共に、強力なスプリングによつて常に必要な力で巻線を支持する構造をとつた。

（C） 新しい試みとして、中身主として鉄心から生ずる振動の伝達を防止するために**第2図**(前頁参照)に示すように中身と外函間、外函とベース間及びベースと床面間に防振ゴムを介在せしめ、中身から発生

する振動を床面に対し三重に吸収する構造とした。

（D） 変圧器表面からの空気音発生を防止するため、外函表面の比較的振動の大きくあらわれる面に、フエルト層の吸音壁を設けた。

（E） その他配管の各所に防振接手を使用する等些細な点にも慎重なる考慮を払つた。

（3） 現地で測定した結果は次の通りである。

（A） **第2図**の©の上部と⑩の下部即ち床面との間に於て、固体音は約18%, 固体振動振幅は約 75% の減衰が見られ、明らかに防振ゴムの効果あることを示した。

（B） 吸音壁を設けた事により、外函表面から約50cm離れた位置の騒音は、9フオーンの低下を示した。

（C） 変圧器附近及び変電所内外の騒音分布を**第3図**及び**第4図**に示す。**第3図**の固体音は、外部空気音を遮蔽したマイクロフォンを振動面に圧着して測定した騒音計の読みを示したものであるが、定量的な意味はなく、各部の振動伝達状況の比較を知るための数値であるので、変圧器外函の騒音計の読みの最大値を100として、それに対する%であらわしたものを記録してある。

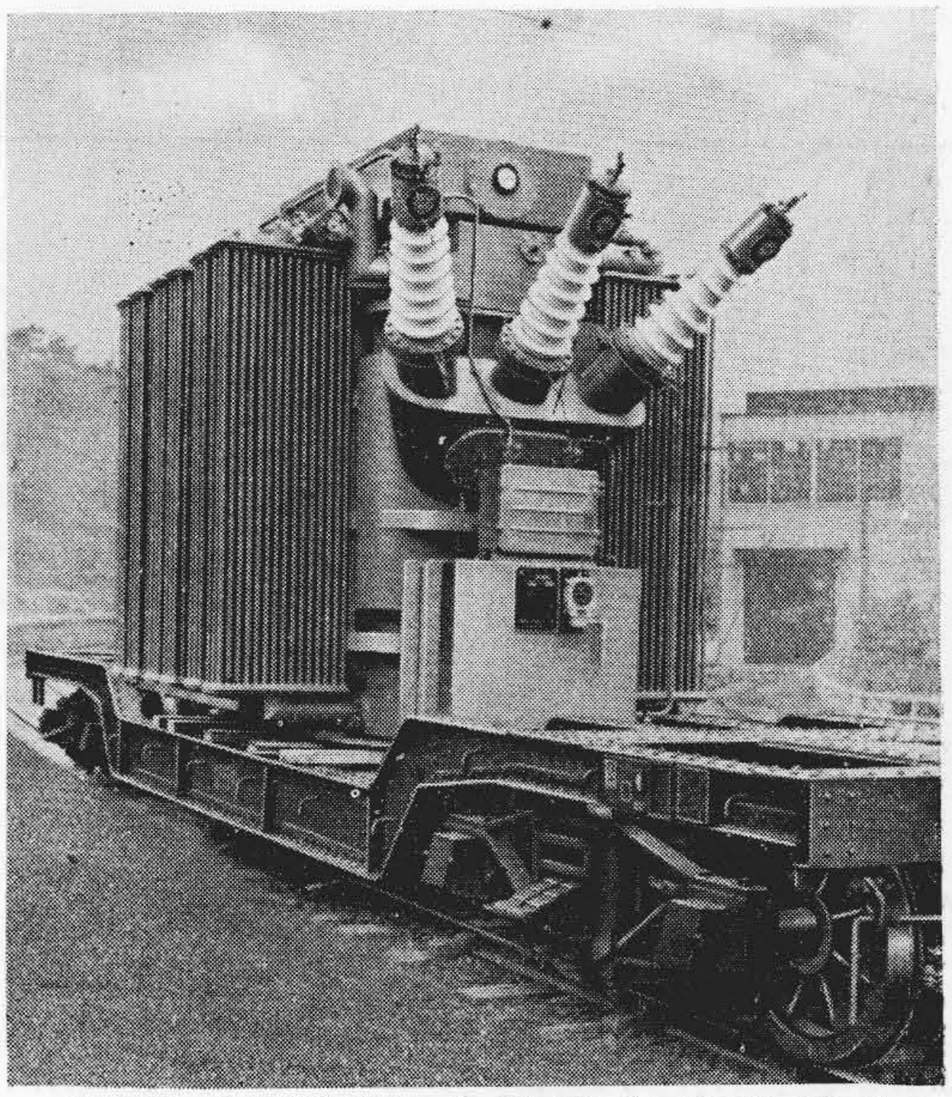
第3図に見られる通り、変圧器から90乃至 120 cm 離れた位置に、建屋の壁、ブスカバー等が三方にあつて、それ等の反射干渉の影響を多分に受けており、NEMA規格の測定条件と可成り異るので、騒音の絶対値に就いて直ちに他の変圧器と比較することは出来ない。

騒音の低減に就いては、まだまだ研究の余地が多分にあり、建築音響の点からも突つ込んですべてを綜合的に考えて行く必要がある。

東北電力 6,000 kVA 全装可搬型変圧器

本変圧器は工場に於て完全に組立てた状態そのまゝで貨車輸送が出来るように設計製作されたもので、我国に於ける劃期的な製品である。その仕様は次の通りである。

出　　力	6,000 kVA
型　　式	SOCR-C
（屋外用油入自冷式窒素封入型コンサベータ付）	
電　　圧	66-63-60-57-54/6.9-3.45 kV
相　　数	3
周　波　数	50～
結　　線	△/△
台　　数	3台
総　重　量	29,000 kg
油　　量	8,500 *l*
床　面　積	2,930×4,670 mm²
高　　さ	3,335 mm
効　　率	99.01%



第5図　6,000 kVA 全装可搬型変圧器　三相 66/6.9 kV　50～　油入自冷

Fig. 5.　6.000 kVA Full-Assembled and Transportable Transformer

第5図にその外観を示す。以下その概要に就いて述べる。

（1） 輸送中の振動に対する強度に就いては十分な検討を行うと共に、ブッシング、ラジエータ、ダイヤル型温度計、油面計等の部品に対して苛酷な振動試験及び輸送試験を行つてその強度を確認した。

（2） 中身の構造に就いても、輸送中の振動による損傷を防止するため、固定法に特別の考慮を払つた。

（3） 寸法上の制限を克服して最大の冷却効果をあげるために、油の循環が理想的となるような構造とした。

（4） 製作工場で組立てたまゝの形で使用するので、すべての点で良い状態が維持出来る。

（5） 使用者側の利点として挙げられる点は

（A） ブッシングは勿論、コンサベータ、ラジエータ等すべて取外すことなくシキ 40 号貨車に積載可能であるので、現地据付工事が至つて簡単である。

（B） 移設が容易であるので、各変電所毎に予備器を設置する必要がなく、又負荷の状況に応じて簡単に移設することが出来る。

今期完成の大容量変圧器

28年度中に製作された主な変圧器を**第1表**（次頁参照）に示す。

北陸電力の神通川第一発電所48,500kVA変圧器は、組立室の関係でブッシング、コンサベータ等も取外した状態に於ける吊上高さを極力低くすることが要求されたの

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	出力 (kVA)	電圧 (kV)	相数	周波数 (~)	台数	冷却方式	備考
北陸電力（神通川第一）	48,500	10.5/168	3	60	2	送油水冷	遮蔽付
関西電力（打保）	30,000	10.5/161	3	60	1	送油水冷	遮蔽付
九州電力（相浦）	30,000	10.5/72	3	60	1	送油風冷	負荷時タツプ切換変圧器
中部電力（日進）	22,000/25,000/13,333	$\frac{150}{\sqrt{3}}$/77/11	1	60	1	油入自冷	遮蔽付
四国電力（松尾川）	24,000	10.5/69	3	60	2	油入自冷	
東北電力（片門）	24,000	10.5/168	3	50	2	送油水冷	遮蔽付
中国電力（明塚）	15,000	10.5/115, 161	3	60	2	送油風冷	遮蔽付
九州電力（夜明）	13,000	10.5/72	3	60	1	油入自冷	
東京電力（白根）	12,000	10.5/161	3	50	1	油入自冷	遮蔽付
東京電力（中津川第二）	10,000	10.5/$\frac{161}{\sqrt{3}}$	1	50	4	油入自冷	遮蔽付

で、カバーに吊上金具を設けて特殊な吊上方法を用いた。

関西電力打保発電所 30,000 kVA 変圧器は送油水冷式であるが、小容量の冷却器5組（内1組予備）を直接変圧器外函に取付ける所謂ユニットクーラ方式を採用してある。

尚現在製作中のものとしては、我国最大容量の九州電力上椎葉発電所 135,000 kVA（67,500/135,000/67,500 kVA, 115/240-230/10.5 kV 三相 60~ 送油風冷式）2台をはじめ、九州電力相浦発電所 45,000 kVA（10.5/120 kV 三相 60~ 送油風冷式）1台、東北電力本名発電所 31,000 kVA 10.5/168 kV 三相 50~ 送油水冷式）2台等がある。

配電用変圧器
Distribution Transformers

スタッド・ブッシング実用期に入る

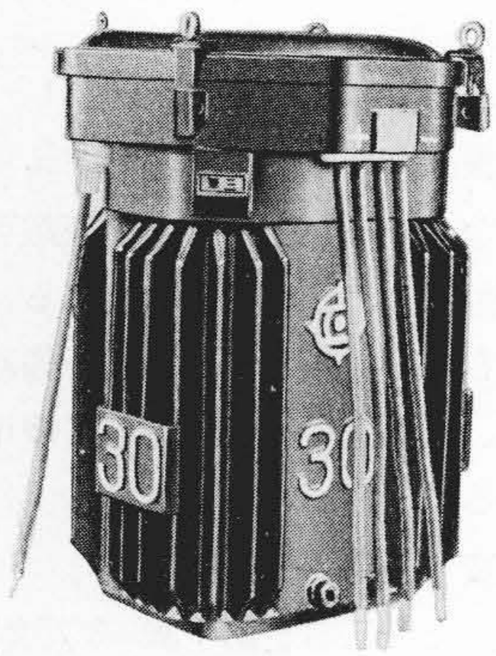
柱上変圧器の高圧側リード線と、配電線からの引下線との接続部は感電の危険があつて多年の懸案であつた。引下線をダルマスイッチ迄下し、更に柱上変圧器の高圧側ブッシング迄引込むことが出来れば、柱上に於てリノテープ、ゴムテープによる不確実な絶縁を強いられないから、これが懸案事項解決の鍵であつた。

この目的に合致するスタッド・ブッシングの試作に着手し、すでに本誌上にも報告した通りであるが、更に改良を加えた。

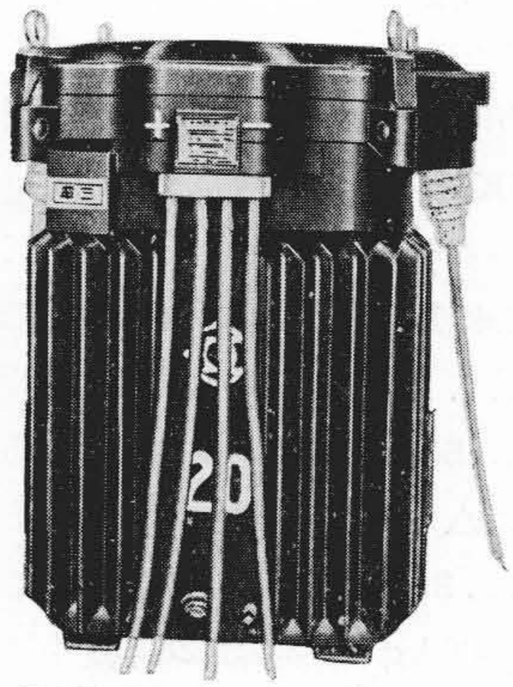
各種実用試験の成績も優れ、各電力会社でも採用されることゝなりいよいよ実用期に入つた。

特長の主なものを挙げれば次の通りである。

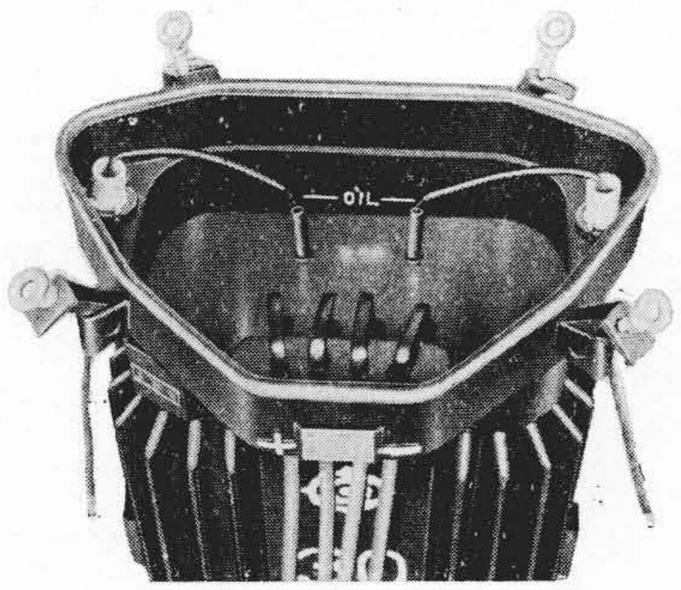
1. 碍管をねぢで取付け、コムパウンドを使用していないから、油が汚れたり、碍管が弛まない。
2. 碍管の取付が簡易で、柱上に於ける取替も容易である。
3. 配電線との接続が簡単且つ確実に出来る。
4. 帯電部分はすべて陰蔽してあるので危険がない。
5. 碍管とケース間とは放電間隙としてあつて、巻線との間に絶縁協調がはかつてある。



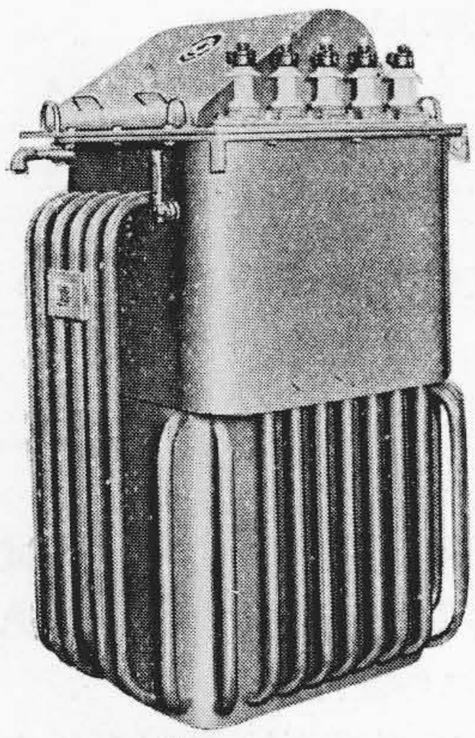
第6図　スタッド・ブッシング付柱上変圧器
Fig. 6.　Single-Phase 30 kVA Pole Transformer with Stud Bushing



第7図　スタッド・ブッシング付柱上変圧器
Fig. 7.　Single-Phase 20 kVA Pole Transformer with Stud Bushing

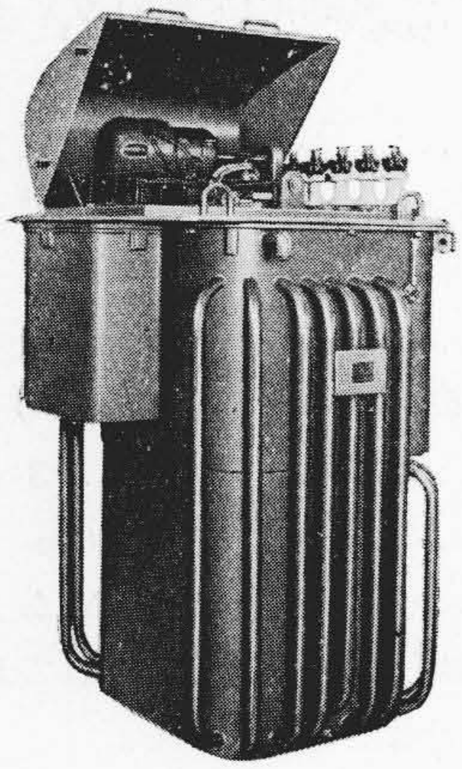


第8図　スタッド・ブッシングの取付状況
Fig. 8.　Inside View of Pole Transformer with Stud Bushing



第9図
B型自仂昇圧器外観

Fig. 9.
General View of Three-Phase 250 kVA Auto-Booster Type B



第10図
B型自仂昇圧器のトップカバーを上げたところ

Fig. 10.
Auto-Booster Type B (Top Cover Opened)

自仂昇圧器

さきに自動昇圧器の一つの型（A型）を完成して関西電力に納入し、好調に運転している。その後動作範囲の広範なB型を完成し、28年5月関西電力に於て実際に稼仂し、好成績を得ている。

仕　　様

三　　相……250 kVA（線路容量）60～
入力側電圧……2,035～3,370 V
出力側電圧……3,150±100 V

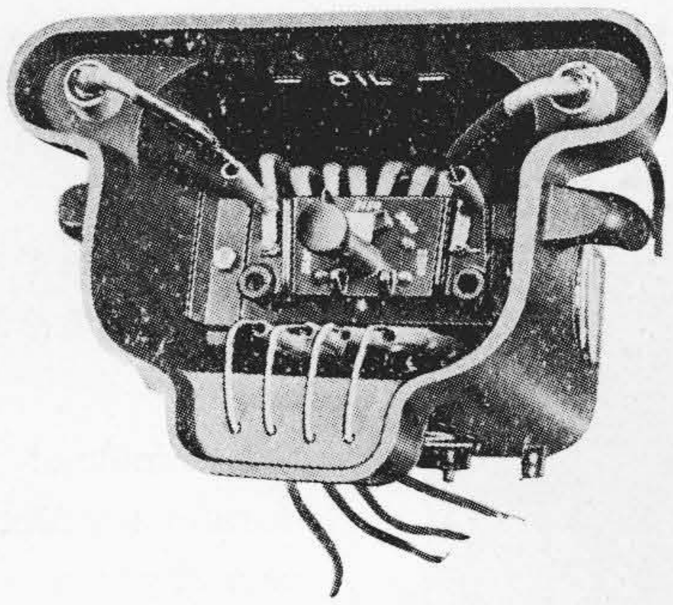
本器は各相8箇のタップを有する単巻変圧器を主要部とし、それに過電圧、不足電圧継電器以下の操作指示機構と電動機以下のタップ切替機構を加えた3部より構成されているもので、継電器の指示に従つて電動機を正逆転させ、タップを一つ宛切替えるものである。

タップ・チエンヂヤー

柱上変圧器のタップ切替は、切替片を移動することによつて行うのが普通である。この方法では不便であるのでタップ・チエンヂヤーが用いられる。

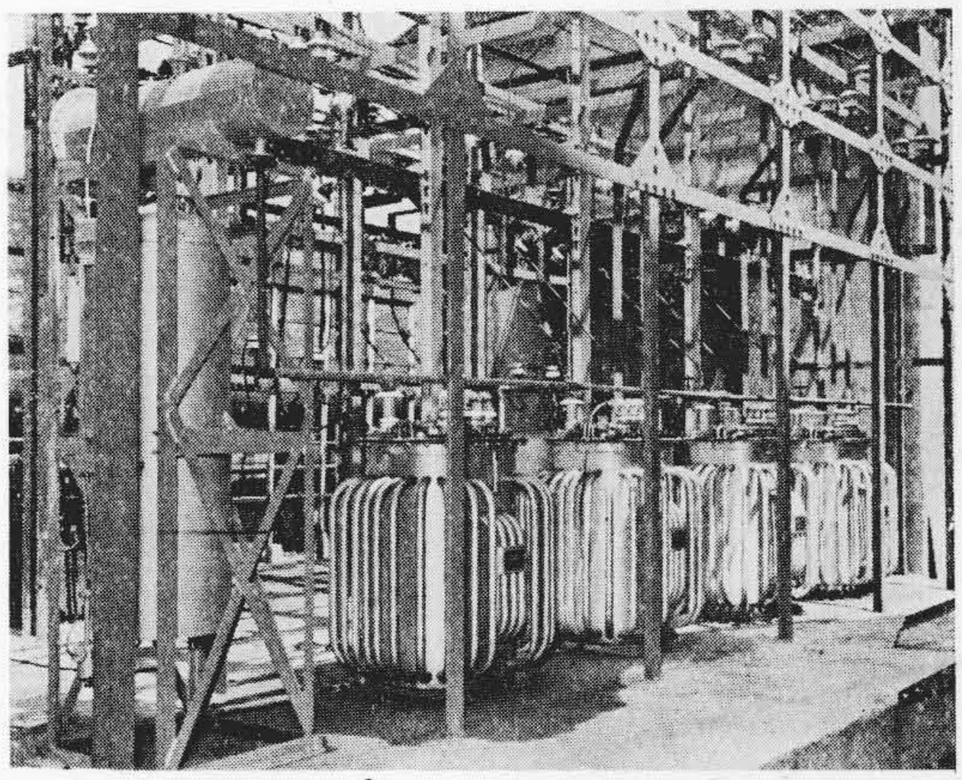
本器の主な特長は次の通りである。

1. 操作が極めて簡単である。
2. 油面上から操作が出来るので、油を汚損しない。
3. 接触が確実である。
4. 構造が簡単で比較的廉価である。



第11図　タップ・チェンヂャーを附けた柱上変圧器

Fig. 11. Pole Transformer with No Load Tap Changer



第12図　窒素封入変圧器群

Fig. 12. Nitrogen Gas-Immersed Transformer Bank, Singl-Phase 100 kVA △—△

柱上変圧器の性能向上

柱上変圧器の性能は珪素鋼板の性質に左右されるところが大きい。珪素鋼板の需給アンバランスは生産者として困る問題であるが、$W_{10/50}$ 1 W 以下の高級品も生産されるようになり、1.3 W 程度のものが常用出来る状態となつた。

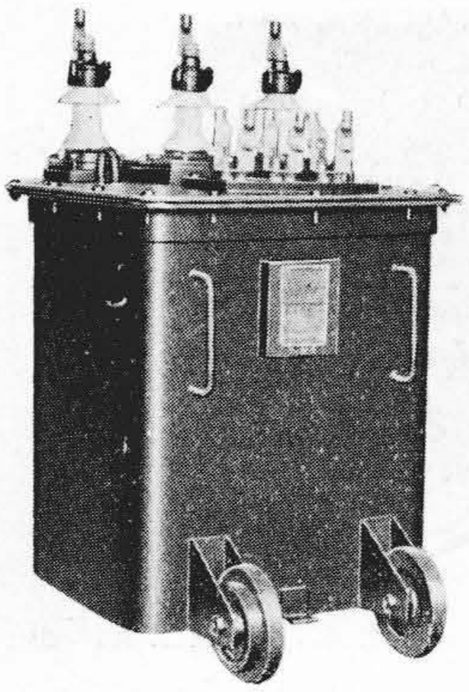
素材たる珪素鋼板の向上した事実を卒直に製品に反映させると共に、更に二三の新しい研究成果を採り入れて柱上変圧器の無負荷特性を著しく向上せしめて、需用家各位の信望に応えている。即ち、鉄損を約 30% 減少させた。

窒素封入変圧器

大型変圧器に於ける窒素封入は既に広く採用されているが、単相 100 kVA 3台のバンクに窒素封入の方式を採用した。

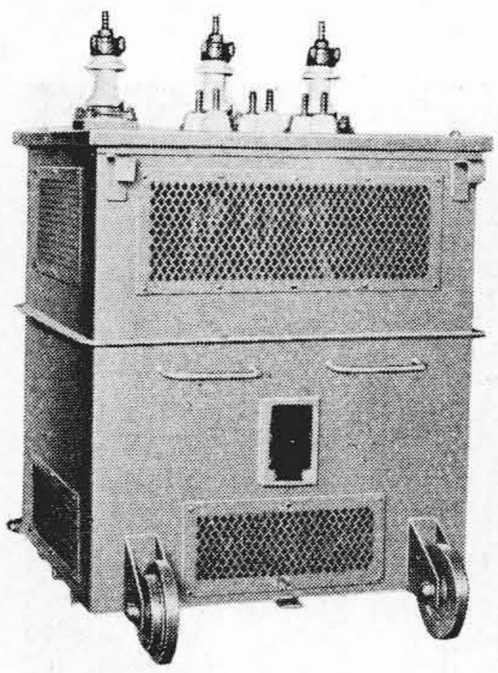
本器は某会社に於ける厳密な耐酸型の一方策として採用されたものである。

コンサベータを一バンク共通のもの1箇とし、室温、



第13図
メタルクラッドスイッチギア用油入自冷変圧器

Fig. 13.
Oil-Immersed Transformer for Metal-Clad Switchgears



第14図
メタルクラッドスイッチギア用H種絶縁乾式変圧器

Fig. 14.
Class H Insulation Dry Transformer for Metal-Clad Switchgears

負荷が変化した場合のガス圧の調整には中沢式の調整タンクを附属させている。

メタルクラツドスイツチギア用変圧器

ユニットサブステーションが続々計画され、メタルクラッドスイッチギアが多く用いられている。この函内に収納される変圧器を生産した初期には油入自冷式変圧器であつたが、最近H種絶縁乾式変圧器となつている。

特に寸法が小さい事、信頼度の高いこと、点検、操作が容易であること等の特殊事情に適合した設計になつている。

負荷時タツプ切換変圧器及び負荷時電圧調整器

Transformers with On-load Tap Changing Equipment and Load Ratio Ajustey

負荷時タツプ切換変圧器

負荷状態に於て電圧調整の出来る負荷時タップ切換変圧器は不断の研究による性能の向上、信頼度の増大により出力の大小、電圧の高低を問わず製作は可能であり、送電用大容量負荷時タップ切換変圧器を初め小容量の製品に至る迄種々の仕様機器を納入したが、以下その代表的なものにつき記す。

九州電力相浦発電所納 30,000 kVA 変圧器

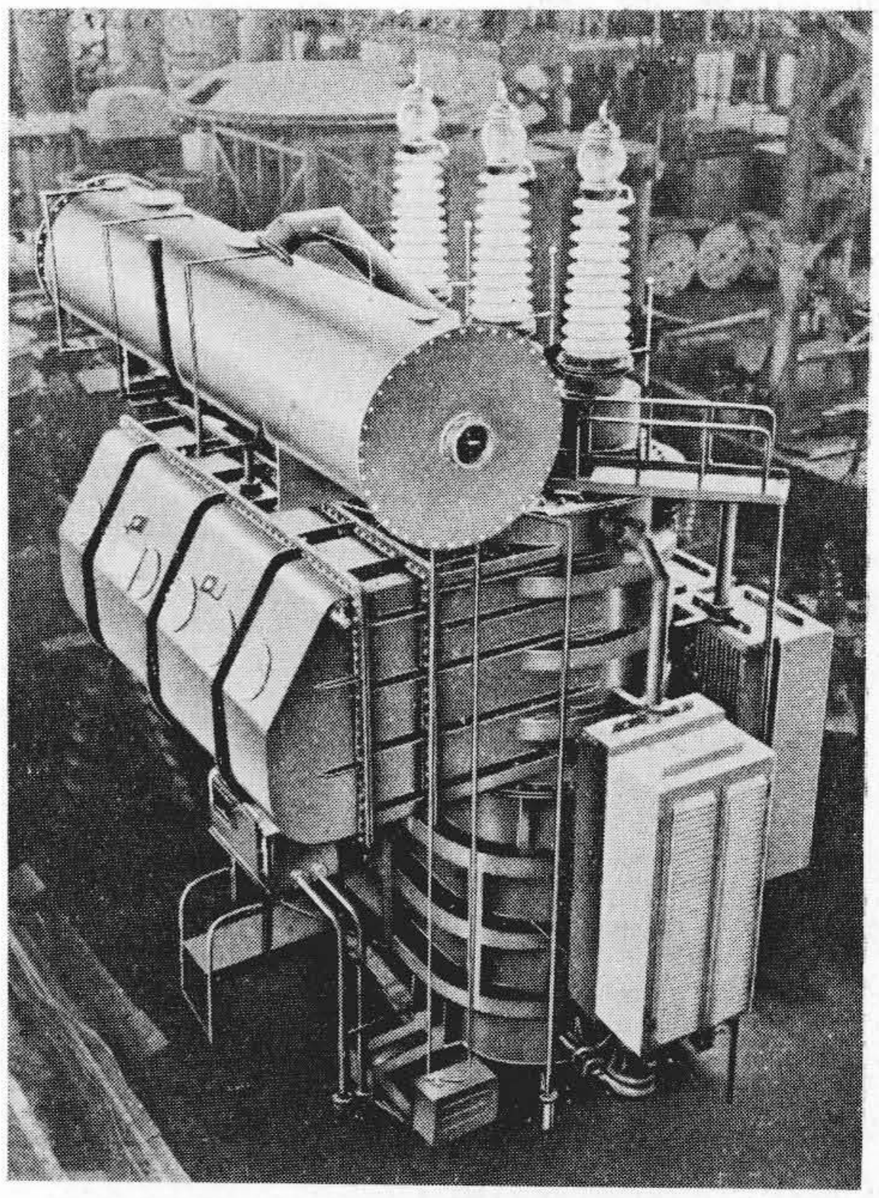
出　力	30,000 kVA
型　式	AFLOC-3C(屋外用送油風冷式)
一次電圧	10,500 V
二次電圧	72,000V～64,000V(9タップ)
相　数	3
周波数	60～
結　線	△/△

本器は高圧側直接タップ切換方式によるもので、地域的条件により潮風、灰塵の影響を考慮しブッシングの絶縁階級を高めてある。**第15図**は外観を示す。

小容量用としては関西電力打保発電所納 500 kVA 変圧器がある。

出　力	500 kVA
型　式	SLOCR-3 C (屋外用油入自冷式)
一次電圧	11,000 V
二次電圧	3,630～2,970 V (9タップ)
相　数	3
周波数	60～
結　線	△/△

本器は総ての構造が小容量用として設計製作されてお る故その寸法重量も次の如く小型となつている。



第15図　30,000 kVA 10.5/72 kV 三相送油風冷式負荷時タップ切換変圧器

Fig. 15.　30,000kVA 10.5/72kV 3-phase Forced-air-cooled Transformer with On-load Tap Changing Equipment

寸　　法……1,950×2,650 mm²
高さ 2,950 mm
総　重　量…… 6,7000 kg
油　　量……2,600 l

又東邦亜鉛安中工場納負荷時電圧調整器附水銀整流器用変圧器は据付寸法に多大の制限を受けながらも下記の如く種々の電圧に対して自由に電圧調整を行いうるものである。

容　　量…… 3,415/4,830 kVA
一次電圧..66,000 V～54,000 V (13タップ)
及び55,000 V～45,000 V (13タップ)
二次電圧....直流 750 V 及び 500 V 相当
型　　式…… SLOCR-3 YC
(屋外用油入自冷式)
結　　線……人/人 Y
定　　格……連続
周波数…… 50/60～

又この他に種々仕様のものを製作した。特に中国電力納 30,000 kVA 115 kV 三相負荷時タップ切換変圧器を製作中である。

負荷時電圧調整器

需要家へ良質の電力を供給することによりサービスの改善を行うため、配電用変電所に於ける電圧調整用として負荷時電圧調整器の普及は著しいものがある。

特に最近はユニットサブステーションの発達により自動的に電圧調整を行うことが一般化するにつれ、負荷時電圧調整器の需要も著しく増大している。

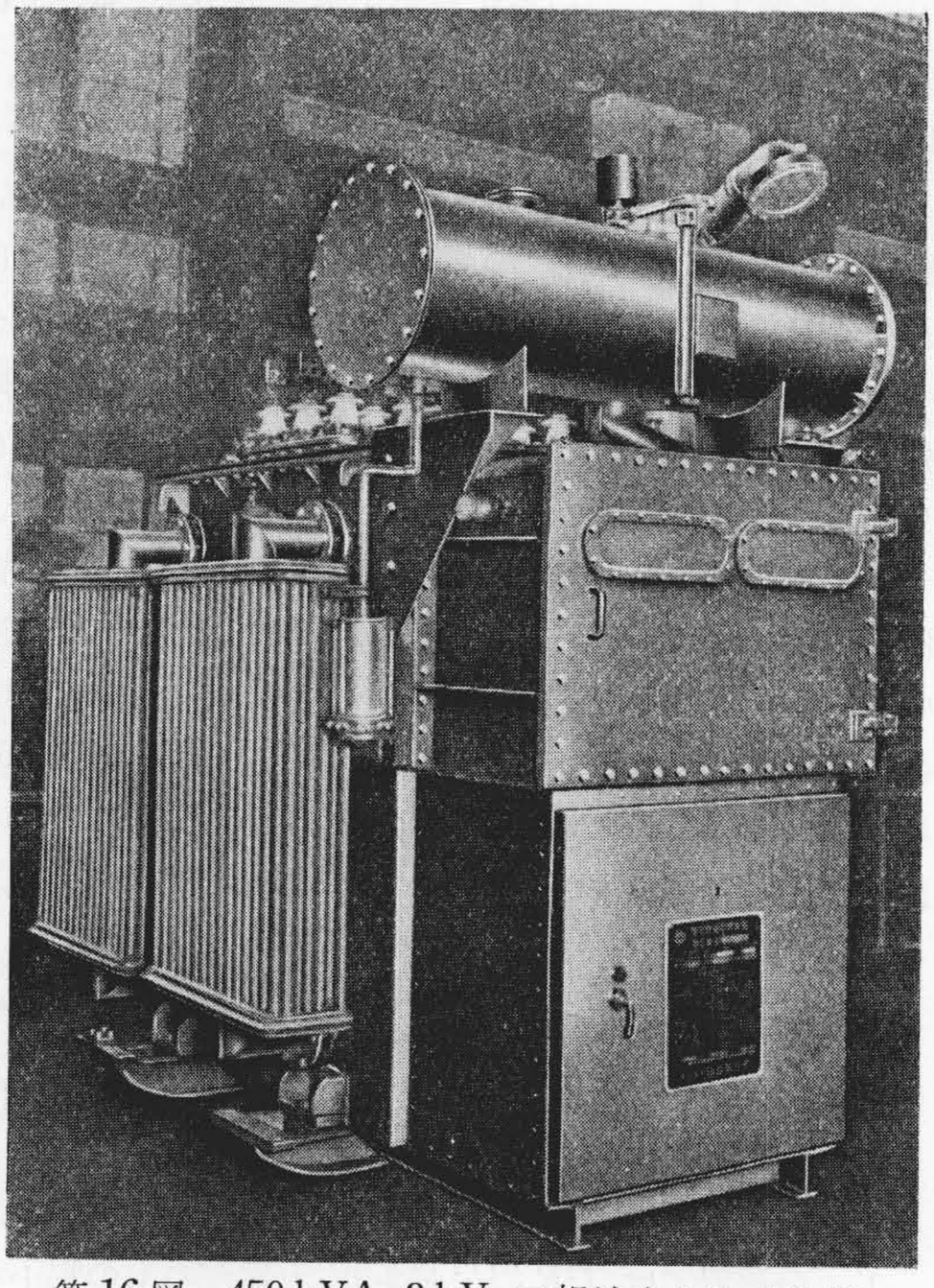
27年来試作研究を進めていた小型負荷時電圧調整器も完成し、非常に好成績であることが確められた。

本器の特長を挙げると次の如くである。

1. 油入開閉器は油吹付による強制消弧型で遮断特性が優秀であり、接点の消耗は著しく少く、寿命が頗る永い。
2. 電気的及び機械的に頗る信頼度の高い理想的な構造となつている。
3. 保守点検が頗る容易である。
4. 機器は小型に纏り寸法、重量、油量が少い。

第16図は東京電力納 450 kVA 負荷時電圧調整器の外観を示す。

負荷時電圧調整器は大は1,300kVA より小は300kVA 迄種々仕様の製品を製作納入している。



第16図　450 kVA 3 kV 三相油入自冷式負荷時電圧調整器

Fig. 16. 450kVA 3kV 3-phase Self-Cooled Load Ratio Adjuster

水銀整流器用変圧器
Transformers for Mercury Arc Rectifier

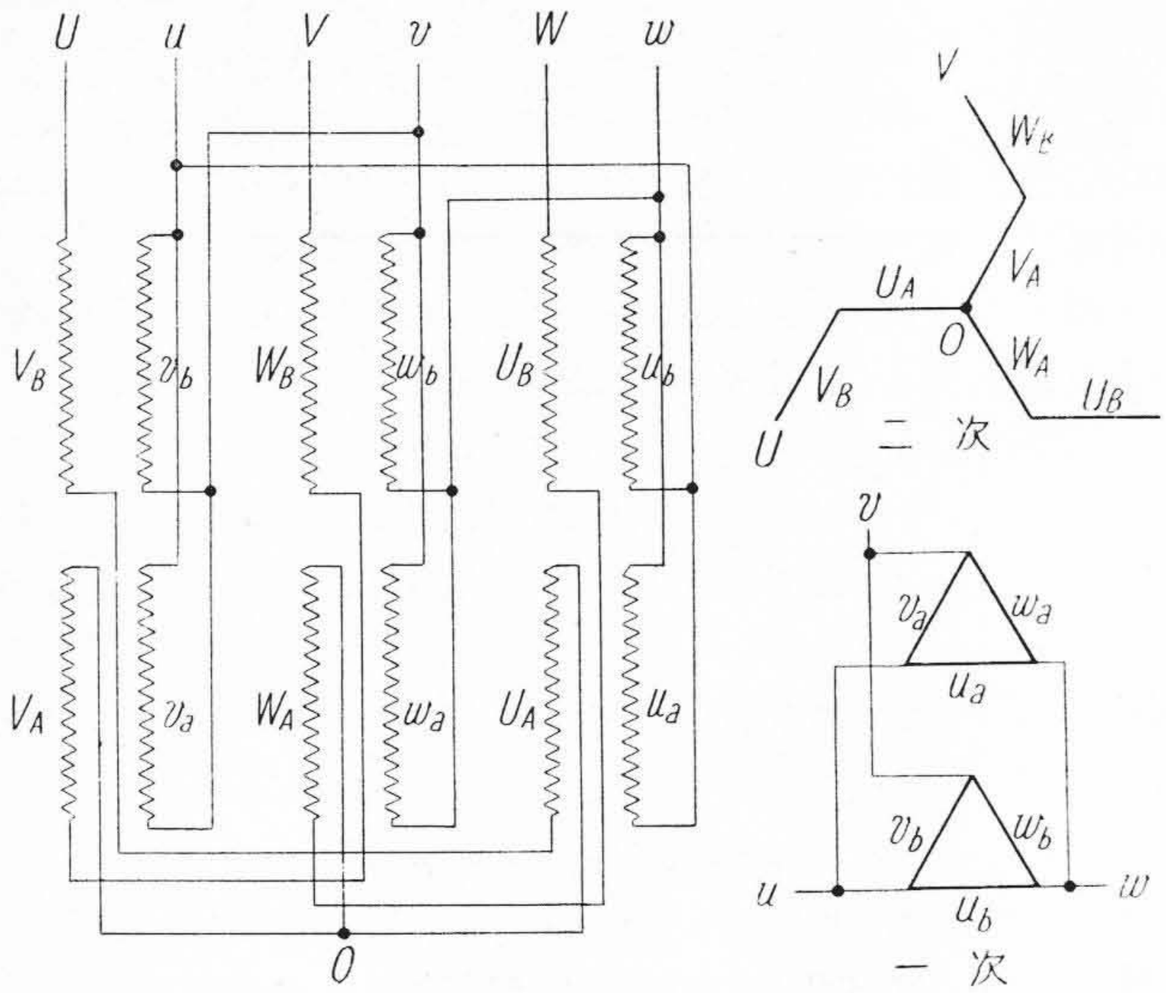
66 kV 又は 77 kV 一段落し水銀整流器用変圧器は、日立製作所で数年前、日本国有鉄道公社、高崎変電所に、我国で初めて納入以来、好成績に運転を続けているため、その後の受電電圧 60 kV 又は 70 kV の場合は本一段落しの受電方式を採用し、28 年度も、鷲津変電所に 2,220 kVA 主変圧器が2台納入された。仕様は 27 年豊橋変電所に納入した3台と同一である。日本国有鉄道公社へは、この外、大井町変電所に1台、目黒変電所に3台を納入した。何れも一次電圧 22 kV, 容量 3,360 kVA (水銀整流器 3,000 kW) である。

特長のあるものとしては、電気試験所に納入した直流高電圧送電研究用水銀整流器主変圧器がある。

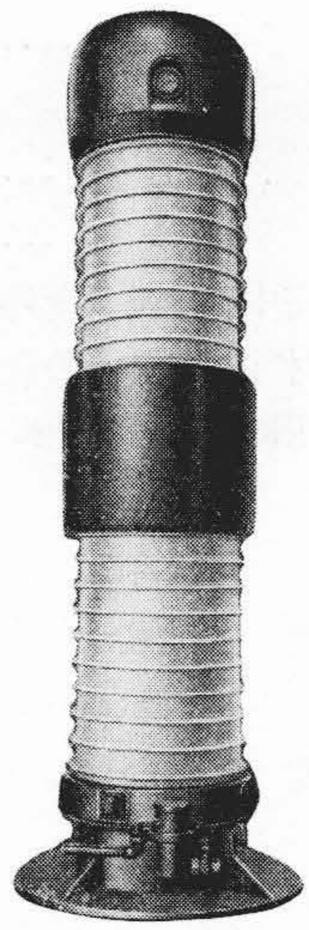
仕様は下記の如くである。

一次容量……1,350 kVA
二次容量……1,900 kVA
型　　式…… SICR-3 YC
一次電圧…… 3.6-3.3-3.0-2.7 kV
二次電圧(直流)…… 50～25 kV
相数及び結線……一次三相△、二次三相千鳥

二次電圧が高電圧、千鳥結線であり、且つ 50/25 kV の直並列切換があるので構造複雑となり、電気的にも機構的にも不安の多いものとなるおそれがあり、これをさけるため、**第17図**に示す如き特殊な方式を採用した(特許出願中)。即ち、U_A V_A W_A なる二次に対応する一次



第17図　千 鳥 型 結 線 法
Fig. 17.　Zigzag Connection



第18図　275kV 窒素封入碍子型計器用変流器
Fig. 18.　275kV Nitrogen Gas-Immersed Porcelain Clad Current Transformer

$u_A\ v_A\ w_A$ なる巻線を、二次は外側、一次は内側に同心円状に普通の変圧器と同様に配置した組合せとし、又 $U_B\ V_B\ W_B$ と $u_B\ v_B\ w_B$ を同様な組合せとして、両者を各相同一鉄心脚に、重ねて挿入してある。この方法によれば、電圧の高い二次巻線は常に外側にあるので、直並列切換のための導体は、絶縁上不安なく引出すことが出来、構造が至つて簡単になる。又一次に対し二次 $U_A\ V_A\ W_A$ の群と $U_B\ V_B\ W_B$ の群のリアクタンスは同一となり、平衡した電圧を得ることが出来る。

次に、東邦亜鉛安中製錬所に納入の 3,415 kVA 主変圧器は、構造仕様共に特殊のものである。本器に関しては前頁の負荷時タップ切換変圧器の項を参照され度い。

受註製作中のもののうち、近畿日鉄瓢簞山変電所用 1,680 kVA 主変圧器1台があるが、この直流側には、尖頭負荷制限装置を設置してあり、過負荷を一定限度以下に制限するよう考慮してある。

計器用変成器
Instrument Transformers

計器用変成器の絶縁劣化による事故防止策として、最近変成器を密封構造とし絶縁油を外気と完全に隔離して、その劣化を防止する方法が広まりつゝある。この要望に応じて 69kV 級及び 161kV 級の密封型碍子型変流器を約 30 台製作したが、これらは油面上に窒素ガスを封入して外函を密封し、油の膨脹収縮によつて生ずる圧力の増減を油面上のガス室の容積を大きくして最高温度に於ても或程度以下の圧力となるようにし、タンクはこの圧力に耐えるよう十分な強度としてある。従つて従来の型と重量、形状を比較するとやゝ大きなものとなつているが、絶縁劣化防止に対しては十分期待し得るものと確信している。

その他特殊なものとしては、制弧遮断器の支持碍管兼用の変流器として、161 kV 級のものを約30台、80.5 kV 級のものを約 10 台、又碍子型計器用変圧器としては、154 kV のものを7台納入した。

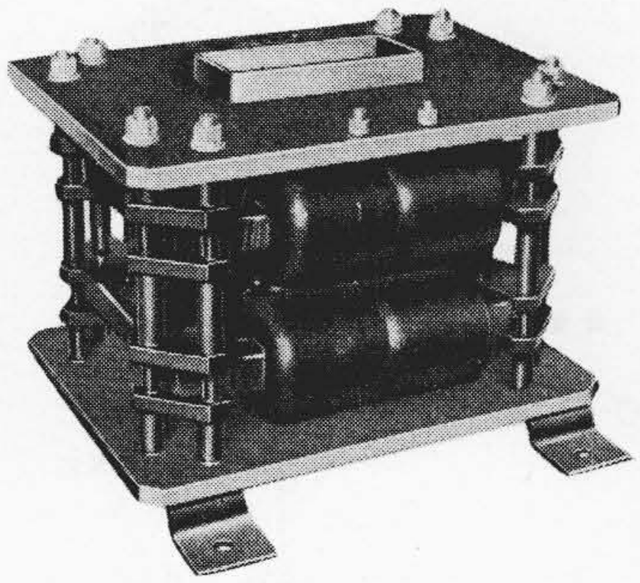
尚 161 kV 静電々圧変成装置（Potential Device）を約 15 台納入したが、この種のものは同調回路を利用したものであるので周波数特性の点で巻線型に比して劣るのは已むを得ないのであるが、これを改善すべく最近試作した結果、巻線型に匹敵する好性能のものが得られる見込がついたので今後の発展が大いに期待される。

又関西電力新愛本変電所に納入した 275 kV 碍子型計器用変圧器は28年7月より実用運転に入つて好調に運転中である。本品は上下2段の碍管の各々に中身を収め縦続接続を行つたもので、衝撃電圧に対しては全波 1,160 kV, 截断波 1,330 kV, 商用周波に就いては、500 kV の絶縁強度を有するものである。**第18図**にその外観を示す。

直 流 変 成 器

電鉄、電気化学方面の直流計測に直流変成器を使用することは、既に常識となつた。これは従来の分流器による方法に比して下記の特長があるからである。

1. 分流器では I^2R 損失があり、大電流のもの程不利であるが、変流器ではこれが全く問題とならない。
2. 被測定回路と計器回路が分離出来、従つて配電盤に直流高圧を引込まずに済む。



第19図 D.C. 2,000 A/A.C. 1 A 200 V 50~ 直流変流器 (D.C. CT)

Fig. 19. D.C. 2,000 A/A.C. 1 A 200 V 50~ D.C. Current Transformer

3. リード線の長さに制限を受けない。

4. 電気的変換を行つて、遠隔測定回路に載せることが出来る。

本器は、磁気飽和型(クレーマー型)で分流器の如く接触抵抗や周囲温度の影響等で狂いの来るおそれがない。特性は磁性材の撰択及び設計の良否によつて左右される。一般には硅素鋼板製が採用され、その比誤差は計器と組合せて、1.5 級が保証され、二次給与電源の変化による影響値は

電 圧 ±10% の変化に対し ±2% 以下

周波数 ± 5% の変化に対し ±1% 以下

で十分実用の域にあり、国鉄、私鉄その他へ既に100台余を納入し、何れも好成績で運転中である。

絶 縁 油
Insulating Oil

変圧器絶縁油に対し、日立製作所では、化学的安定性をも重視し、これの良好なる油を選出する試験法を案出し、この試験を含む新しい規格を制定使用している。この規格に合格する油は、総ての市販油を吟味した末、その最良の物を選んで、更にこれを石油会社と協力して改良せしめたもので、極めて良質のものであり、その効果は、劣化に対する安定性大なることにより、油炉過、再生等の保守の手数を減ぜしめるにある。

この日立特高絶縁油は、従来の油に比し、厳密に調整せられた精製条件で作られねばならぬため、最初は量産上種々の難点があつたが、石油会社の多大の苦心の結果、ようやく量産は軌道に乗つて来た。日立製作所では、出来るだけこの日立規格油を使用され、保守の経済を図られることをお奨めする。

次にこの日立特高絶縁油の規格値を**第2表**に掲げた。

なお、日立絶縁油安定度試験法は、目下 JIS 試験法として採用さるゝ途上にある。

第2表 変圧器油に対する日立規格と JIS 規格の比較

Table 2. Comparison of Hitachi Standards and JIS Standard on Transformer Oil

試験項目	日立規格値	JIS 規格値
比重	20/4°C 0.90 以下	15/4°C 0.92 以下
粘度	75°C 40 以下	75°C 40 以下
凝固点	−30°C 以下	−30°C 以下
引火点	135°C 以上	130°C 以上
蒸発量	0.3% 以下	0.4% 以下
反応	中性	中性
酸価	0.01 以下	0.02 以下
鹸化価	0.1 以下	—
腐蝕試験	合格	合格
透明度	透過光乳濁懸濁沓無	—
水分	Karl Fischer 試薬にて 0.005% 以下	—
破壊電圧	30 kV 以上	30 kV 以上
初期加熱着色	120°C 24 hr 無触媒、加熱後色度 1½ 以下	—
安定度	日立法 120°C 100 hr 後、酸価 0.25 スラツヂ 0.2 以下	140°C20hr 無触媒酸価0.1以下 スラツヂ0

整 流 器
Rectifiers

水 銀 整 流 器
Mercury Arc Rectifiers

昭和28年度に於ける水銀整流器の進歩は

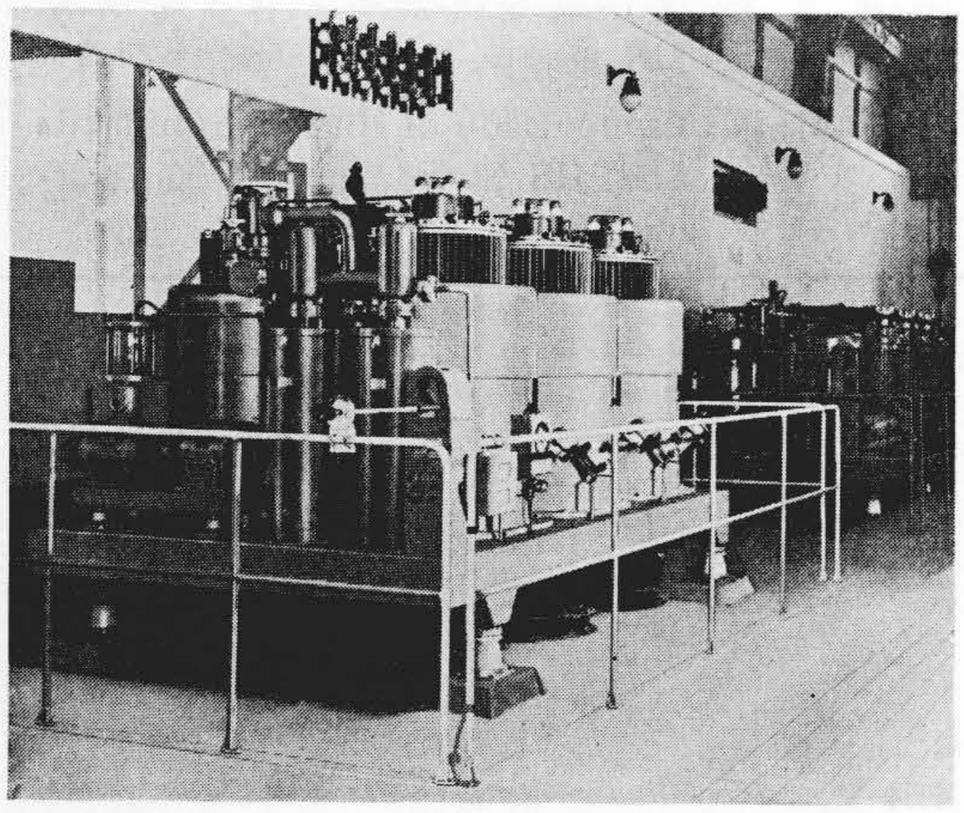
(1) 風冷単極整流器が現在の需要を充たし得る容量まで製作され得るに到つたこと

(2) 封じ切り整流器が製作されるに到つたこと

の二つに要約せられる。水銀整流器の保守上最大の難点とされていた冷却と真空維持の問題が除去された事となり、水銀整流器は一段と理想の形に近づいたといえる。

電鉄用の水銀整流器に於ては、3,000 kW 1,500 V 重負荷公称器、600 V 1,500 kW 重負荷公称定格器の風冷単極整流器が6台製作納入せられ、風冷式整流器の世界的記録が打ち樹てられると共に、現状に於ける電鉄用水銀整流器の需要を覆い得る事を実証した。又、水冷単極整流器では 2,000 kW 1,500 V 重負荷公称器が5台製作納入せられ、これ等は已に無人変電所に適するところまで到つている事を実証した一方、電鉄用変電所は色彩調節を施すものが多く、整流器外観は一段と美麗となつて来ている。

化学工業方面に於ては、経済情勢を反映し、見るべきものはなかつたが同和鉱業小坂製錬所納の 525 V 4,000 A 単極水冷整流器は良好な運転を行つている。工場に於ては電弧降下低減、単器容量増大に対する内部構造の研



第20図　3,000 kW 1,500 V 2,000 A 重負荷公称定格風冷単極整流器

Fig. 20.　3,000 kW 1,500 V 2,000 A Heavy Load Nominal Rating Air-cooled Single-Anode Mercury Arc Rectifier

究を怠らず特性の改善に成果を挙げつゝある。その他、電力用としては直流送電用高圧整流器の諸特性の研究と、試験用整流器の製作が行われ、周波数変換器、電動力応用に対しては大規模な試験研究設備による応用研究が実施せられ、需要に応じ得る準備が出来ている。

封じ切り整流器は数年来の日立研究所に於ける基礎研究が結実して実用器の製作を可能ならしめる段階に達し製作が開始せられた。

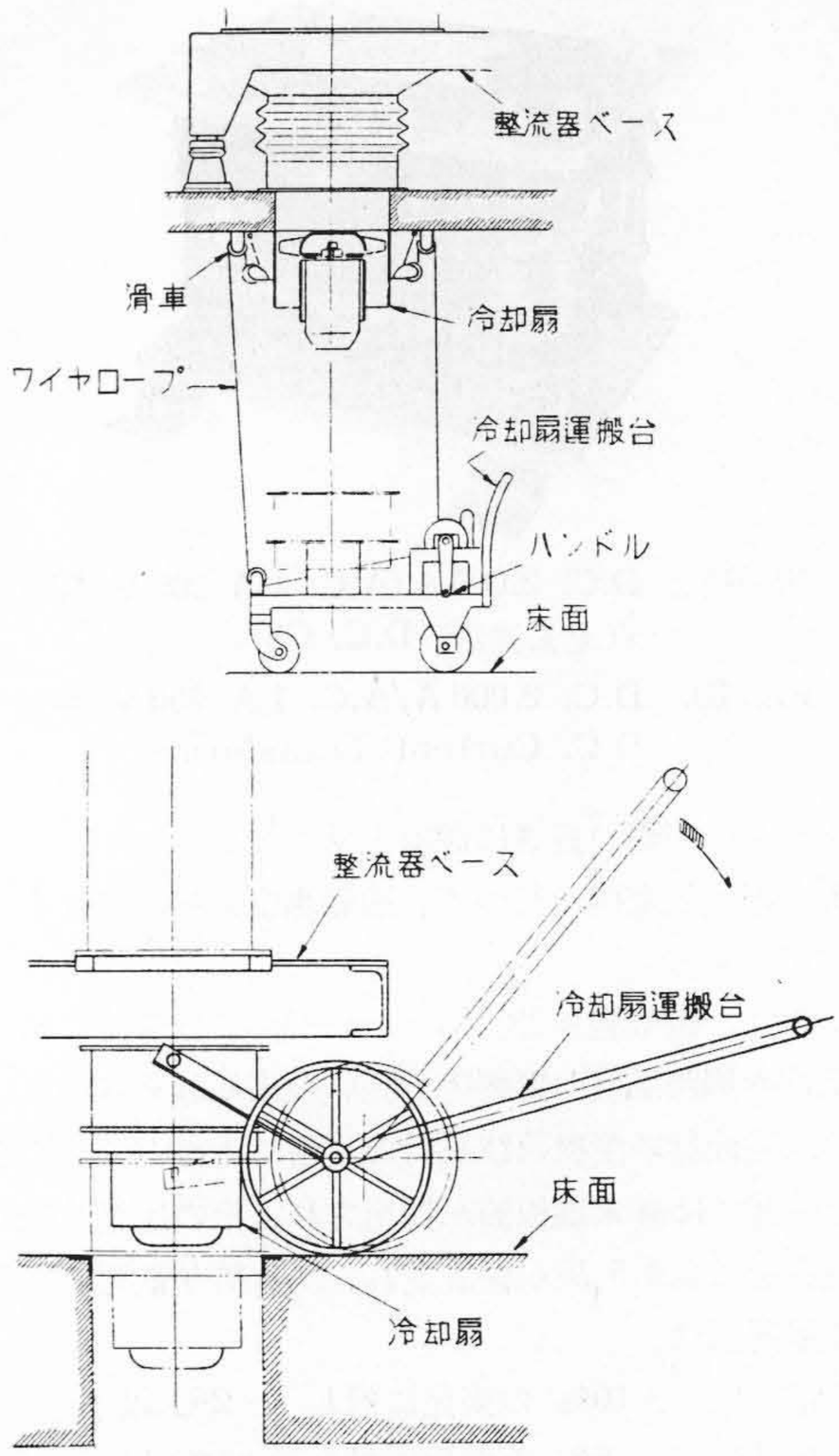
以上の応用研究の他、整流器耐逆弧性能の改善、電弧降下低減、水銀飛沫の運動、蒸気密度測定等器内現象、整流器構造に対する基礎研究が日立研究所に於て引続き精力的に行われ、その結果は製品に採入れられ性能の改善進歩に多大の寄与をなしている。

風冷単極整流器

昭和27年度に納入せられた国鉄大井町変電所及び名古屋鉄道矢作変電所の 2,000 kW 1,500 V 重負荷公称定格器は、共に好成績で運転を続けており、該器の好成績は電鉄用に於ける風冷単極整流器の地位を確立し、更に、単器容量増大の要望を強いものとした。日立製作所に於てはこれに応えるため27年来鋭意製作を進めて来た。国鉄大井町変電所納 3,000 kW 1,500 V 重負荷公称定格器は、数箇月に亘る慎重なる試験を経て4月納入せられ、5月運転を開始した。又、同一容量のものが国鉄目黒変電所に3台納入せられ、逐次同所の回転変流機と置換運転に入る予定となつている。

本器は容量に於ては、風冷式整流器の世界的記録品である。又 1,500 V 級整流器に於ては1陽極当り電流は水冷式整流器を通じても最大である。

本器の構造上の特長は陽極電流が従来の整流器に比し



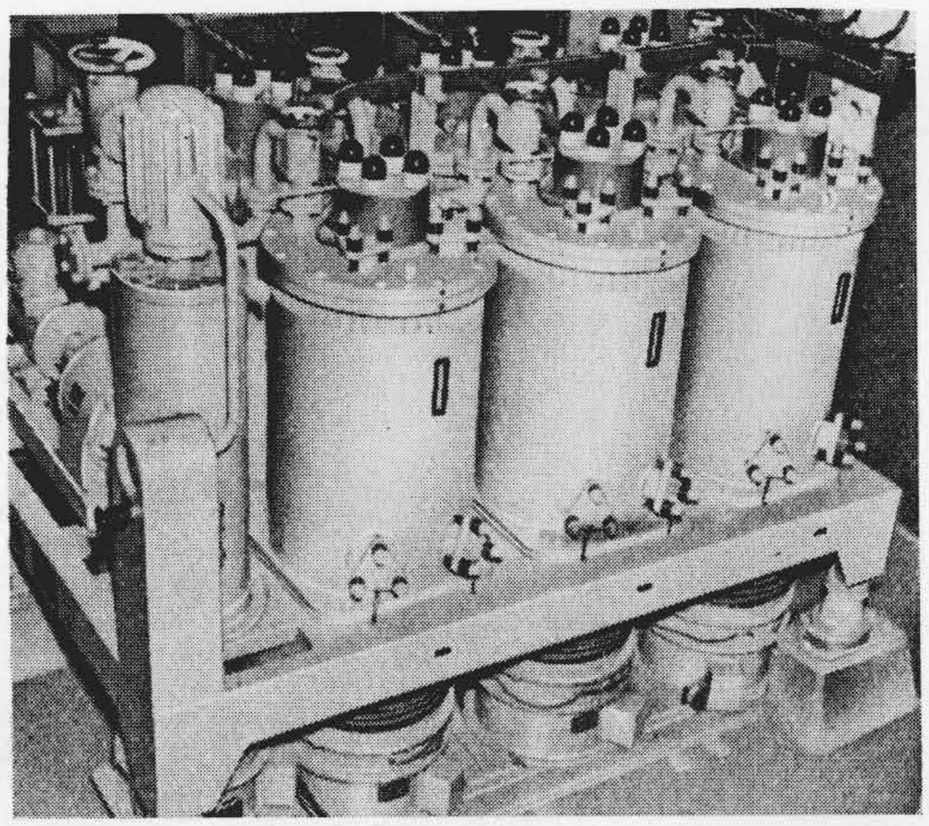
第21図　整流器冷却扇取外要領説明図

Fig. 21.　Explanatory Diagram for Disassembling Cooling Fan

一段と大きいので、陽極も当然大となるが、良質なグラファイトを吟味採用した事、懸垂重量の増大に対し、耐熱ゴムと碍子による安全確実なる封緘構造とし、温度上昇を安全な値に納まるよう設計したこと、スプラッシュバフルを特殊な形状として水銀蒸気流及び水銀飛沫の制御を適当にして逆弧耐量の増大確保を図つたこと、又冬期の失弧防止に対する考慮をはらつたこと等が挙げられる。

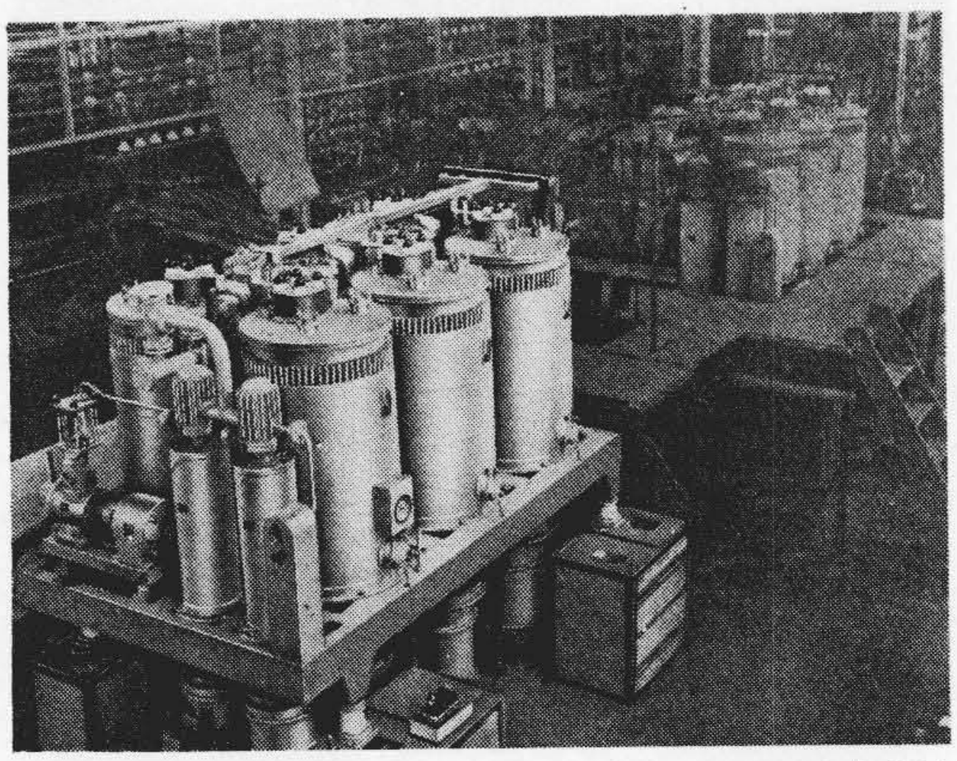
以上の外、陰極碍子はホーロー絶縁を施した鉄リングとして従来稀に見られた陰極碍子の破損の事故を無くし、陽極加熱器、陰極加熱器等はシーズ線を使用断線のおそれを無くした。

冷却扇は各槽別に設け、騒音の低下と、風量調整の煩をなくし、取付取外しを容易ならしめた。又二段速度として、冷却効果の調整を可能ならしめ、更に、目黒変電所納のもの以後製作のものでは、自動温度調整器により、冷却扇の自動運転を行うようにして、整流器温度を最適範囲に保つようにした。又、冷却扇電動機軸に遠心力開閉器を設けて、冷却扇故障に対する保護を行つてある。



第22図　500/625kW 600/750 V 834 A 公称定格風冷単極整流器

Fig. 22. 500/625 kW 600/750 V 834 A Nominal Rating Air-cooled Single Anode Mercury Arc Retifier

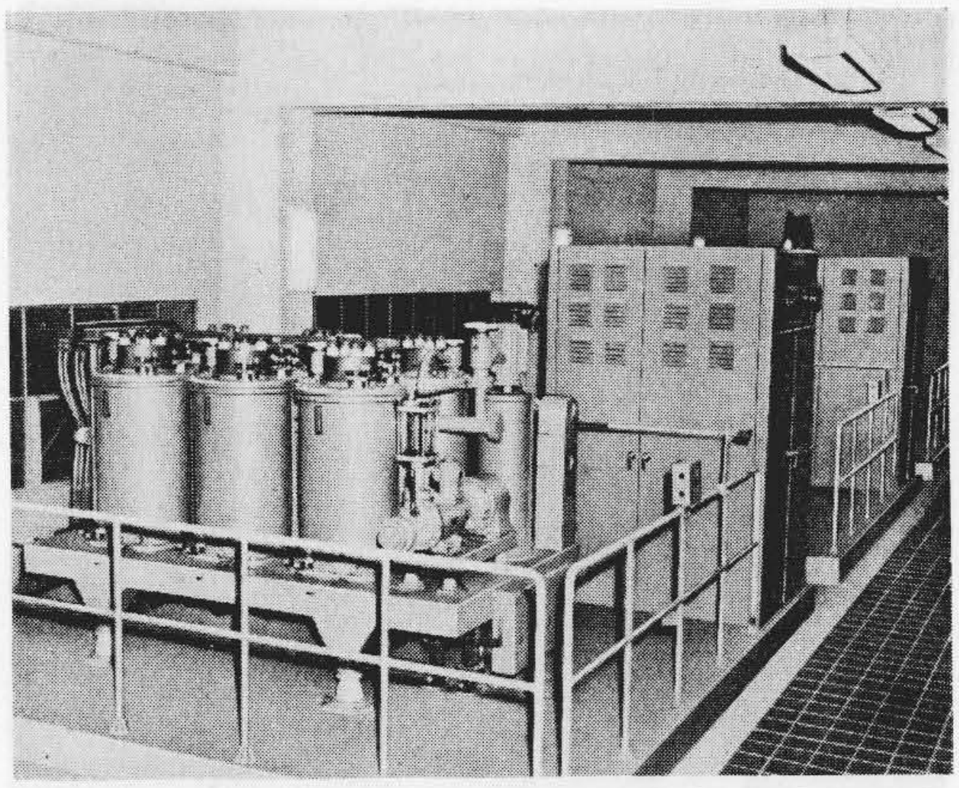


第23図　3,000/1,500 kW 1,500/600 V 2,000/2,500A 重負荷公称定格　風冷単極整流器

Fig. 23. 3,000/1,500 kW 1,500/600 V 2,000/2,500A Heavy Load Nominal Rating Air-cooled Single Anode Mercury Arc Rectifier

本器の試験は約2箇月に亘る長期間慎重に行われ、整流器に囲いを設け周囲温度を 5～40°C に変化して行われた。重負荷公称定格に対する負荷耐量を有する事を確かめられたことは勿論であるが、周囲温度が低い場合に於ける異常電圧の発生限界と起動時の失弧の心配のないことが確認せられた。又、150% 負荷連続負荷時は勿論、150% 負荷連続後の停電時に於ても、各パッキング部分の温度は、最高 120°C で耐熱ゴムの 140°C 連続使用可能の耐熱度に比し十分安定である事が判つた。電弧降下は約 23～24V で予期通りの高能率が得られた。

この他 600/1,500V 500/625 kW 公称定格器が静岡鉄道株式会社中吉田変電所に納入され、3月より好調に運転を継続している。**第22図**にその外観を示した。又、納



第24図　2,000 kW 1,500 V 1,333 A 重負荷公称定格　水冷単極整流器

Fig. 24. Erection at Site of 2,000 kW 1,500 V 1,333 A Heavy Nominal Water-cooled Single Anode Mercury Arc Rectifier

入先事情により建設が延びていた日立製作所風冷単極整流器第1号器である備南電鉄玉変電所納 1,500V 500 kW 公称定格器が6月運転に入つた。

その他に、京王帝都電鉄柴崎変電所納 600/1,500V 1,500/3,000 kW 重負荷公称定格器2台がある。本器は電流容量に於ては日本記録品であり、外国に於ても、G.E.C. の発表以外には例を見ない。

目下製作中のものには

3,000 kW	1,500V	重負荷公称定格	6台
2,000 kW	1,500V	重負荷公称定格	1台
750 kW	600V	重負荷公称定格	1台
1,500 kW	750V	連続定格	1台
200 kW	440V	連続定格	2台

等がある。

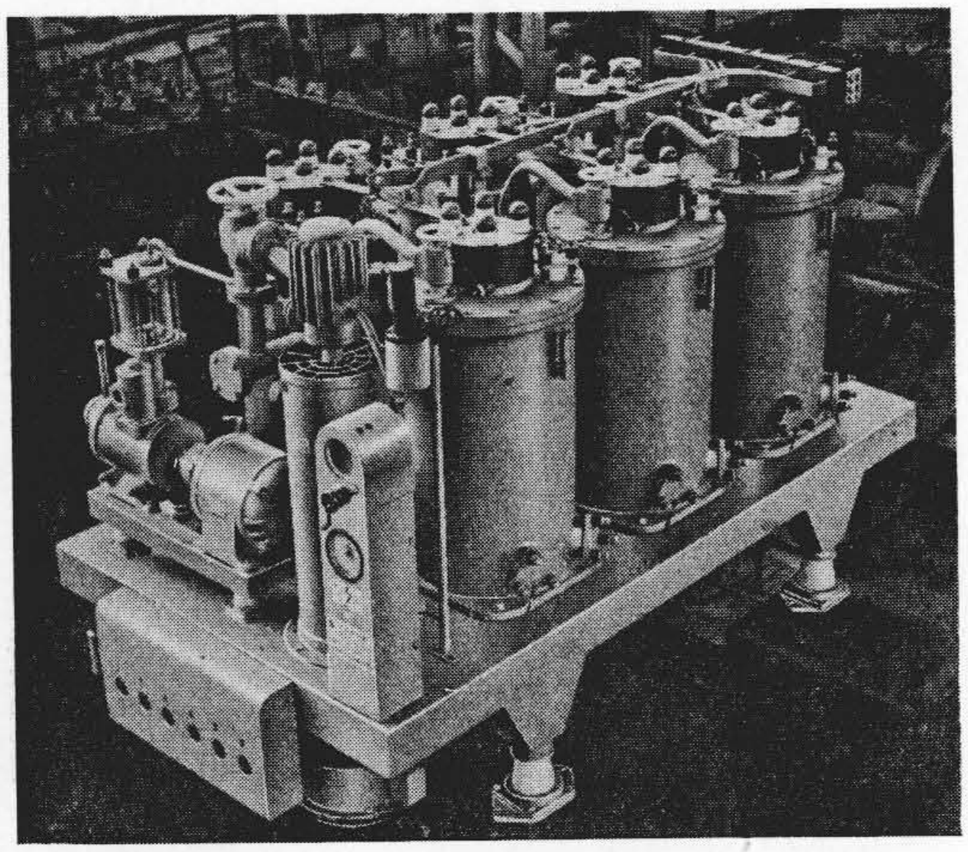
水冷単極整流器

昭和27年末試験を終り納入せられた国鉄豊橋変電所の 2,000 kW 1,500V 重負荷公称定格器3台は、7月以来運転に入り、幹線変電所の重責を果しつゝある。上記と同一仕様、同一用途のもの2台が、国鉄鷲津変電所に8月納入せられた。

第24図は豊橋変電所に於ける整流器据付写真であつて本器は国鉄変電所の色彩調節を施した最初のもので塗装のみならず、外観をも重視して製作せられ、極めて美麗に出来ている。

本器の設計は無人変電所に適するよう各部分に十分な考慮をはらつてあり、特に風冷式再冷器を有する循環水冷方式であるため、冷却水温の高い場合の信頼度の確保に重点が置かれてある。

構造上の特長を挙げれば、



第25図　2,000 kW 1,500 V 1,333 A 重負荷公称定格水冷単極整流器

Fig. 25.　2,000 kW 1,500 V 1,333 A Heavy-Load Single Anode Mercury Arc Rectifier

（1）陽極加熱器、温水器等はシーズ線を使用し、断線のおそれをなくしたこと

（2）冷却水水套部はすべて真空を破ることなく掃除可能の構造としたこと

（3）器槽をベース上に載せ締付けることにより、冷却水系が完成し、別に冷却水配管の接続を必要としない構造としたこと

（4）励弧極は特殊な構造とし、励弧の安定をはかつたこと

（5）陰極碍子をホーロー絶縁を施した鉄製リングに代え、破損のおそれをなくしたこと

（6）水銀ポンプは風冷式とし、水銀逸出防止装置を附したこと

（7）水流のぞき窓を設け水流の監視に便ならしめたこと

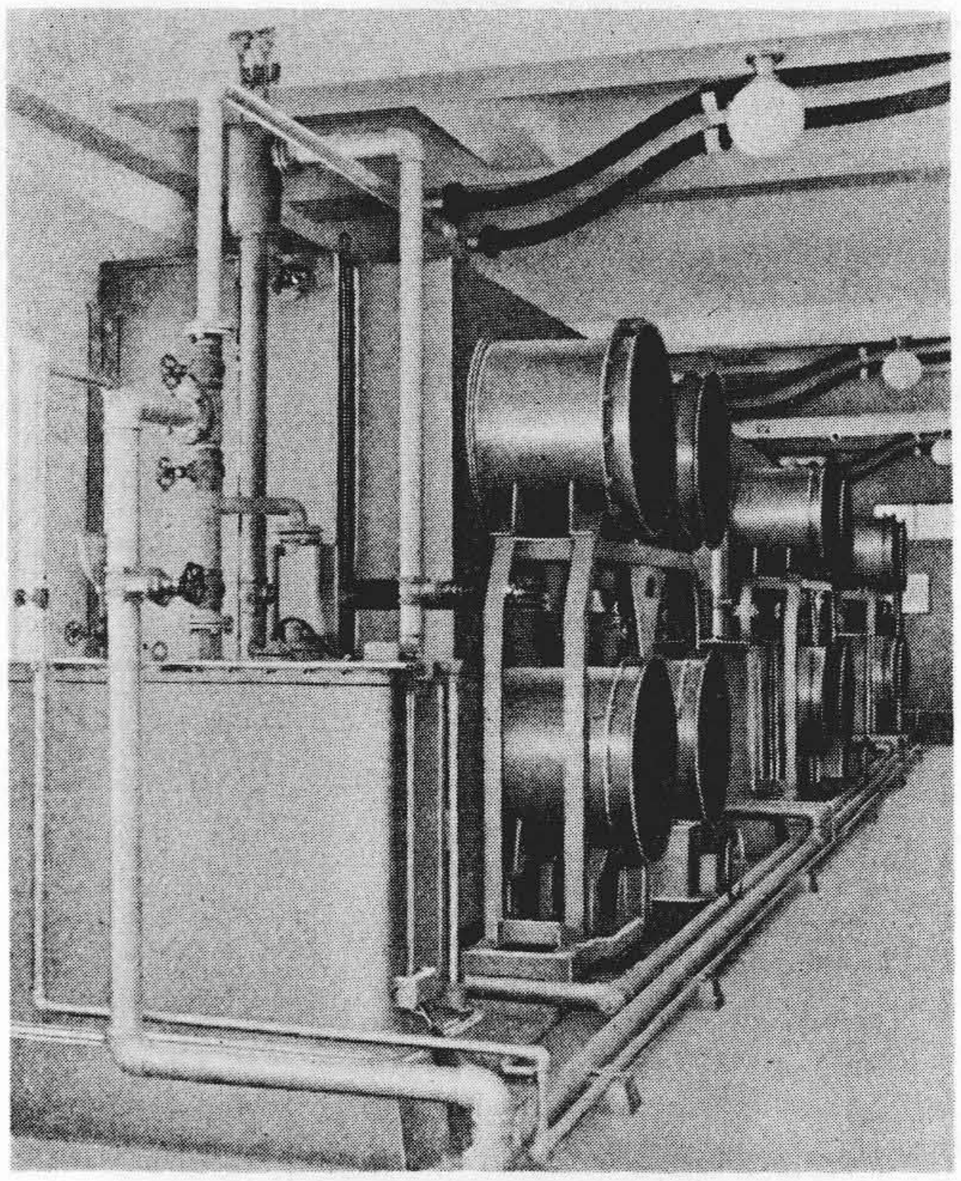
（8）風冷式再冷却器冷却扇は4箇に分割して、冷却効果の調整を可能とし、遠心力開閉器により保護を行つてあること

（9）再冷却器冷却管の間を通る冷却風の分配を合理的にし、冷却効果の増大をはかつたこと

（10）再冷却器風出口には開閉可能の鎧窓を設け、冬期寒風の吹き込む事を防止したこと

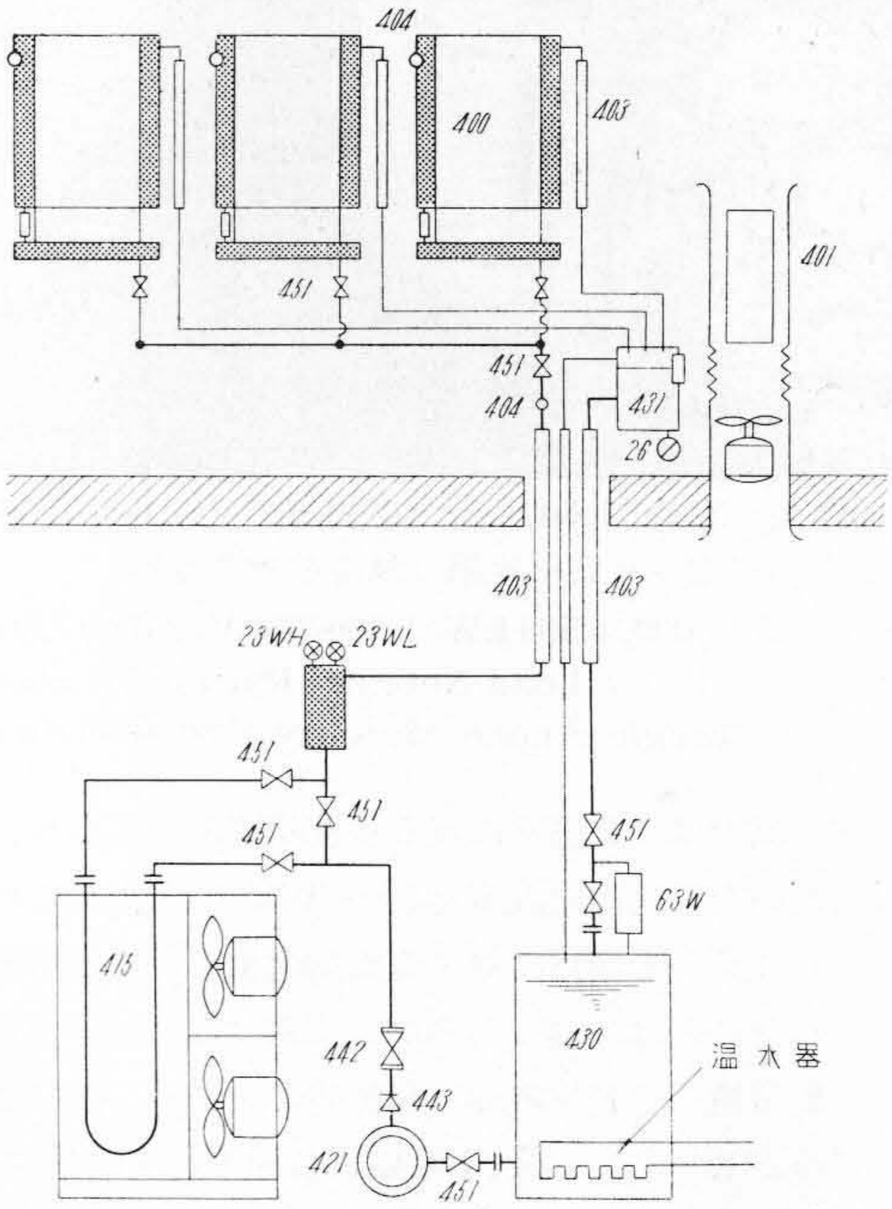
等である。

本器の冷却水系統図**第27図**に示す通りで、再冷却器、冷却扇及び温水器は温度調整器により自動運転せられ、冷却水温を一定範囲に保つようにし、又、冷却水系は完全密閉型として、停電時に於ても整流器器槽の冷却水が貯水槽に落下して、器槽の異常温度上昇を来さぬように設計せられている。水流のぞき窓と貯水槽の間に通気管



第26図　風冷式再冷却器

Fig. 26.　Erection at Site of Air-cooled Recooler for Mecury Arc Rectifier



400	水銀整流器	442	スルースバルブ
401	水銀ポンプ	443	チエツクバルブ
403	ゴムホース	451	ストツプバルブ
404	棒状温度計	23WL	温度調整器（低温）
415	風冷式再冷却器	23WH	温度調整器（高温）
421	循環水ポンプ	26	丸型温度計
430	貯水槽	63W	水流継電器
431	水流のぞき窓		

第27図　冷却水系統図

Fig. 27.　Cooling Circuit Diagram

を設けて、水流のぞき窓の空気が貯水槽に冷却水と共に移動するのを防止し、水流が常時良好に監視せられるようにしてある。

本器の試験はその責務と、無人変電所という条件とを勘案し、負荷試験も、風冷式循環水冷方式であるところから冷却水入口温度 50°C に於て行うなど最も苛酷な状態の下に於て行われたが、あらゆる点に於て満足すべき結果を得、運転成績の優秀なることを確信している。

高圧水銀整流器

近時整流器の進歩と共に直流送電乃至周波数変換装置等送配電方面への応用の機運が昂まりつゝある。これらの用途に於ては整流器の変換電力は数千乃至数十万キロワットとなり、その経済性から整流器の電圧は数千ボルト乃至数万ボルトと高められなければならない。一方これら用途に整流器を使用するに際しては、その信頼度が前提条件となる。日立研究所に於ては昭和25年頃より、多重格子整流器の研究、10,000 V 10 A 整流器の試作研究を行つて来たが、更に電気試験所と協同して、高圧整流器の諸問題を研究し、直流送電の実現を図るため、1,000 kW 50,000/25,000 V 20/40 A 整流器及びインバータを製作中である。

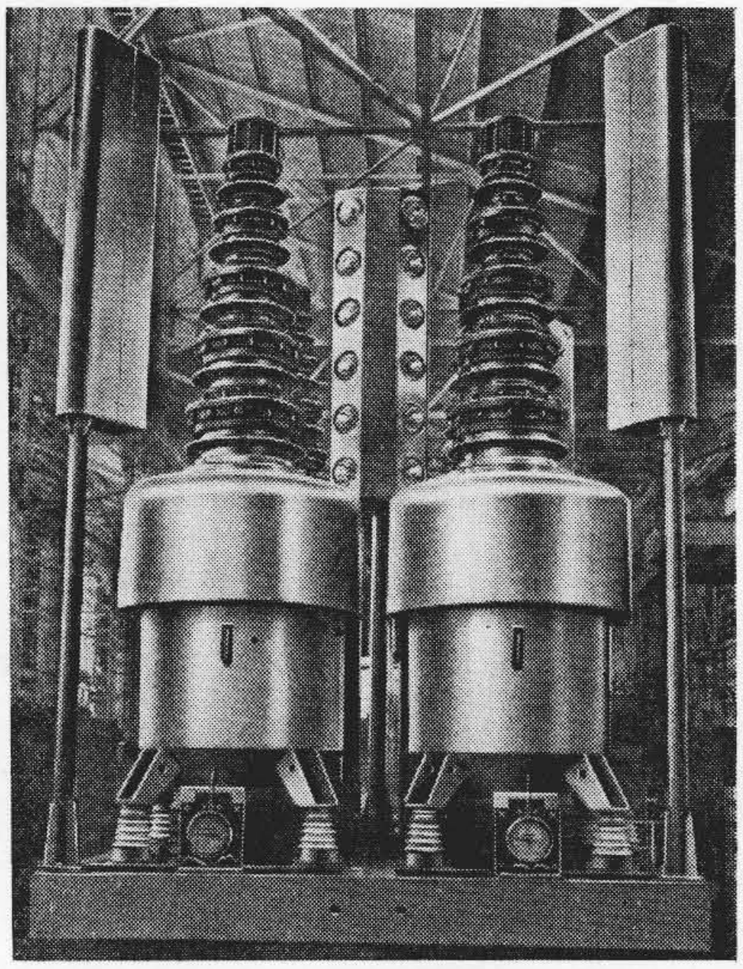
本器は三相星型接続により直流電圧 50,000 V で動作するもので、逆耐電圧は 100,000 V となり、本器をグレッツ接続とすればそのまゝ 100,000 V 整流器として使用し得るものである。本器の外観を**第29図**に示した。

本器の特長は、単極風冷式とし、グレッツ接続乃至直列接続による直流電圧の倍増の可能性を残し、又特殊冷却媒体の準備乃至漏洩電流による電蝕の問題を除外した。陽極電流消滅直後及び休止期間中の逆電圧を分圧するための中間陽極4箇を設け、分圧は分圧用蓄電器及び抵抗による方式とした。格子は二重とし、バフルをも設けた。陽極加熱器は赤外線ランプを使用し、絶縁強度の確保を図つた。励弧は各槽別に三相交流励弧とし、陽極点弧を確実ならしめるための誘弧極を設けてある。排気装置は各槽別に、水銀ポンプ及びリザーバーを設け回転真空ポンプは数日に1回排気する方式とした。

整流器とインバータとは同一構造のもので、両器を組合わせて、交流一直流一交流の変換を行わせることになつている。

第28図 10,000 V 10 A 連統定格高圧整流器単槽

Fig. 28. 10,000 V 10 A Continuous Rating Single Anode Mercury Arc Rectifier Tube



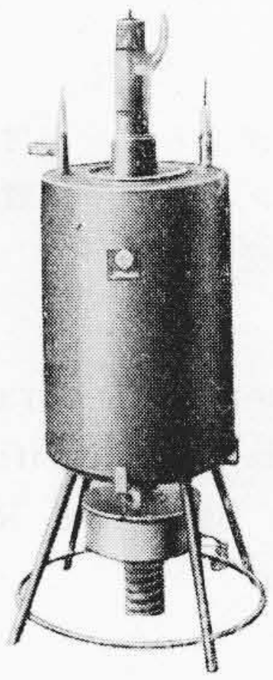
第29図 1,000 kW 50,000/25,000 V 20/40 A 連統定格風冷単極整流器

Fig. 29. 1,000 kW 50,000/25,000 V 20/40 A Continuous Rating Air-cooled Single Anode Mercury Arc Rectifier

封じ切り整流器

水銀整流器の保守上の最大難点は冷却水に関する問題であり、真空の維持であつて、真空管と同様な取扱いが出来ることが使用者の望む所であろう。したがつて整流器の最も好ましい形態は、風冷式封じ切り単極整流器であることは衆目の認める所であろう。日立製作所に於ては、風冷式単極整流器の進歩開発、特に単器容量増大の一応の目的を達し、次に封じ切り整流器の完成に努力を集中しつゝある。

封じ切り整流器に就いては、日立研究所に於て、数年来封緘、材料及び処理の基礎的研究を続けて来たが、既にこれ等を終り、現在 200 A 級整流器の試作品により、寿命試験実施中で既に数千時間に及んでいる。**第30図**にその外観を示した。こゝに於て封じ切り整流器製作の準備が終り、昭和28年度に於て製作を開始した。現在製作



第30図 100 V 200 A 封じ切り整流器単槽

Fig. 30. 100 V 200 A Sealed-off Single Anode Mercury Arc Rectifier Tube

中のものに近畿日本鉄道瓢箪山変電所納

3,000/1,500 kW　1,500/600 V　超重負荷公称定格　1台

の他

2,000 kW　1,500 V　重負荷公称定格　1台
1,000 kW　1,500 V　重負荷公称定格　1台
35 kW　100 V　連　続　定　格　1台

がある。

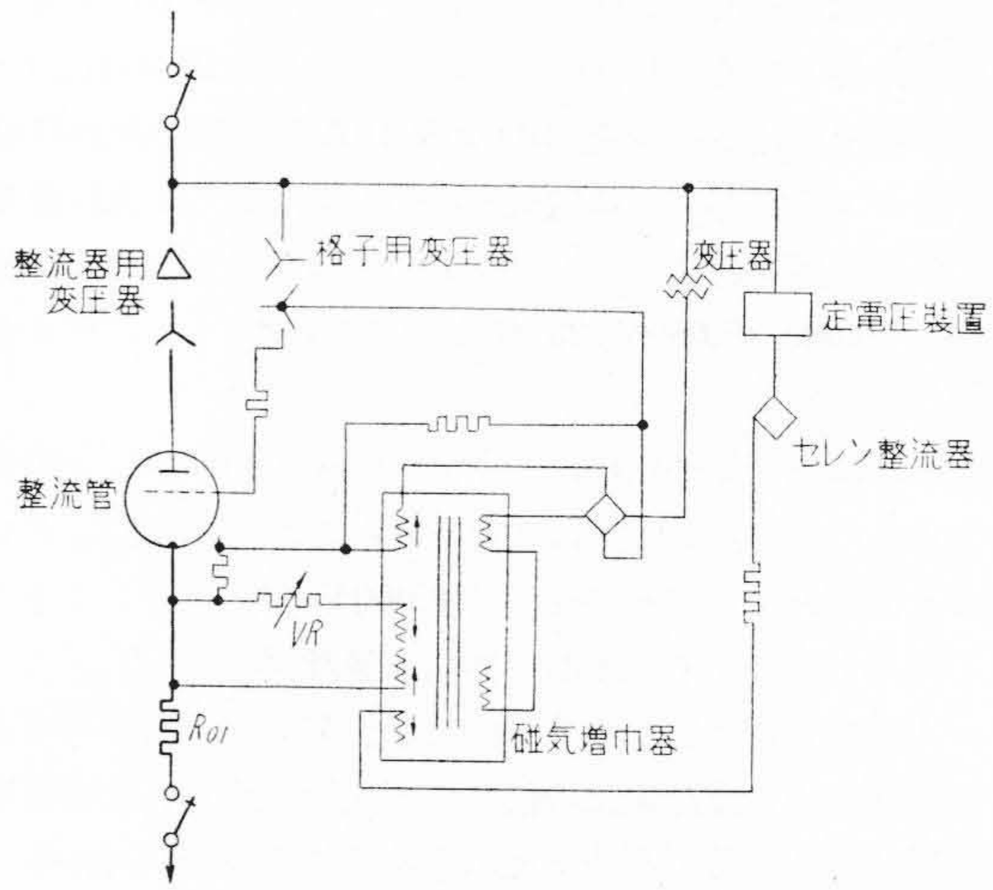
グラインバー整流装置
"Glainver" Glass Bulb Mercucy Arc Rectifier Sets

可飽和リアクトル或は磁気増幅器の開発により、これを利用して直流出力電圧を制御する新しい方式のグラインバー整流装置が多数製作された。可飽和リアクトルを利用した例としては、**第31図**の単線接続図に示す如く整流器用変圧器一次側に、直流励磁によりインダクタンスを変化し得る可飽和リアクトルを直列に挿入したもので、この直流励磁電流はスライダック及びセレン整流器を通して交流電源より供給される。かくするとスライダックの調整により直流出力電圧を任意に制御する事が出来る。この方式のグラインバー整流装置としては蓄電池浮動充電用 CE 型 BTF 式定格 A.C. 200 V 50~, D.C. 90～160 V 30 A がある。

磁気増幅器を利用したグラインバー整流装置の一例は**第32図**に単線接続図を示す。本装置は磁気増幅器の出力電流により格子偏倚電圧を変化して直流出力電圧を制御する方式で、磁気増幅器の出力は可変抵抗 VR の調整により行う。磁気増幅器の制御線輪入力は直流出力回路よりとり、その励磁の方向は増幅器出力と逆方向にとつてあるため、電源電圧の変動等による出力電圧の変動に対しては自動調整によりその補償が行われる。又過負荷に対しては、直流抵抗 R_{01} の電圧降下を増幅器にとり、直流出力電圧に対し垂下特性をもたせている。この方式により製作されたグラインバー整流装置には蓄電池浮動充電用 CE 型 BTF 式定格 A.C. 200 V 50~. D.C. 90～160 V 50 A がある。

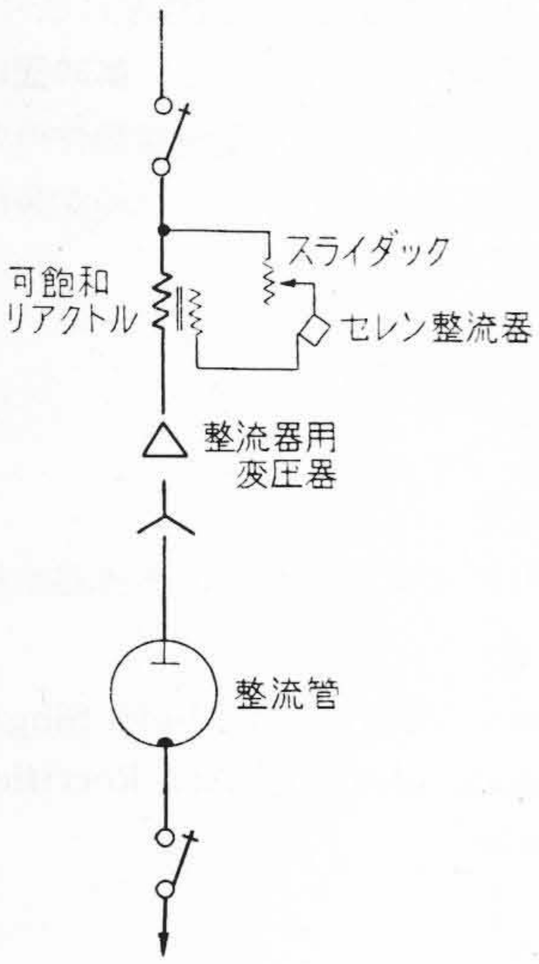
この外観を**第33図**に示す。この装置は従来の電子管利用の格子制御方式のものと比較して、電源電圧の変動、外界の温度等に影響される動作不安定のおそれがなく、構造堅牢で保守容易且つ信頼性が高い特長を有している。

尚グラインバーに関しては本誌電子管の項中グラインバーの項（第175頁）を参照願い度い。



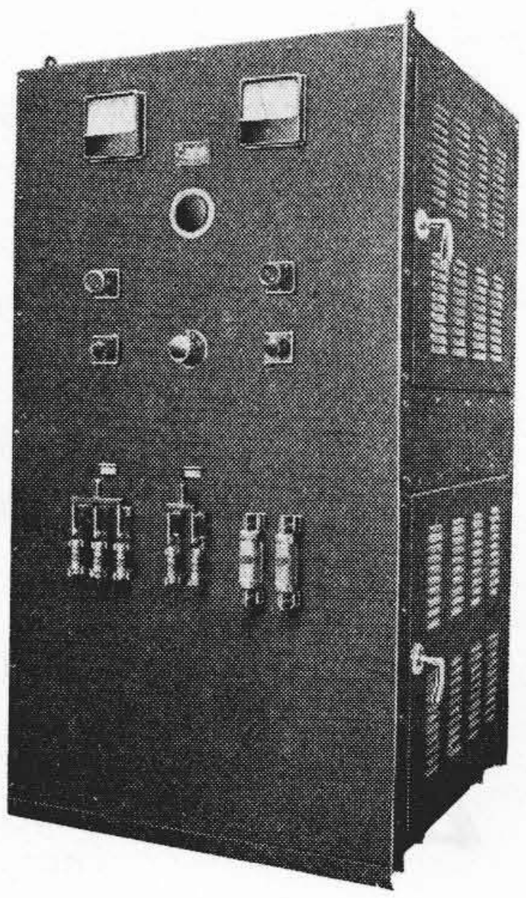
第32図　磁気増巾器付グラインバー整流装置単線接続図

Fig. 32.　Sequence Diagram of Glainver Rectifier with Magnetic-Amplifier



第31図
可飽和リアクトル付グラインバー整流装置単線接続図

Fig. 31.
Sequence Diagram of Glainver Rectifier with Saturable Reactor



第33図
CE型 BTF式磁気増巾器付グラインバー整流装置

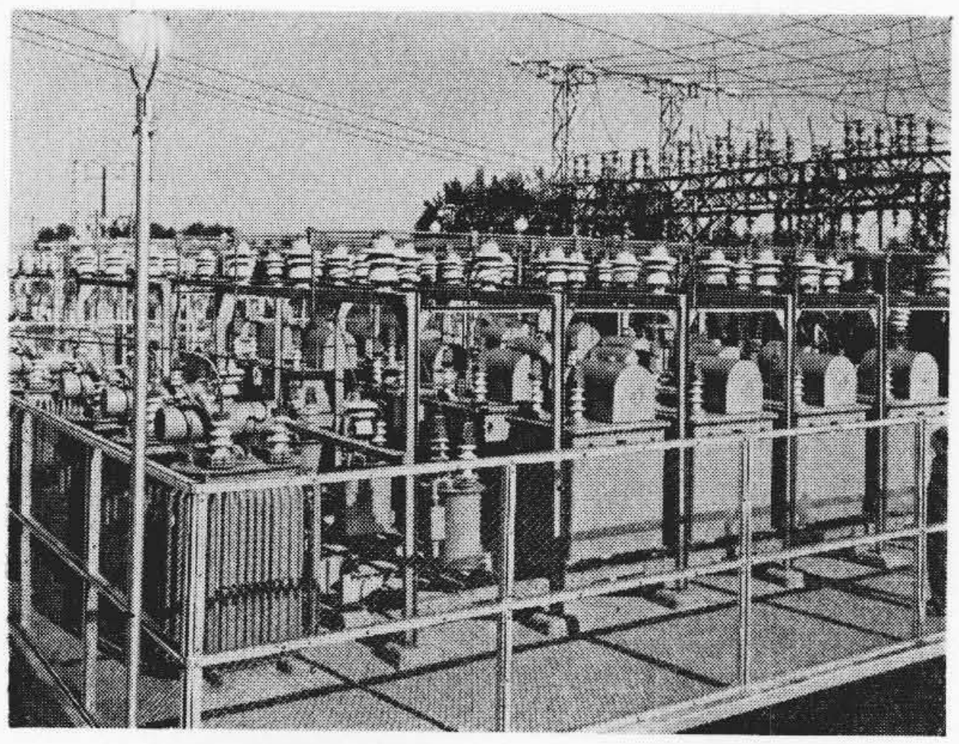
Fig. 33.
Type CE Form BTF Glainver Rectifier with Magnetic-Amplifier

静電蓄電器
Static Condensers

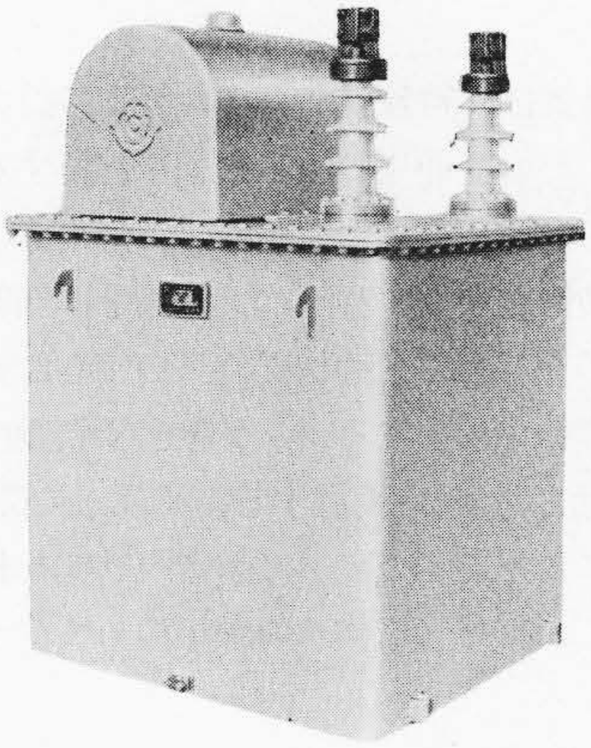
昭和28年の代表的製品としては、東京電力茨城変電所に納入した 22,000 V, 20,000 kVA がある。単器容量 417 kVA 50 台（内2台予備）から成り、昭和18年納入した 33,000 kVA 主要変圧器2台の三次側に各 10,000 kVA 宛接続している。コンデンサは一般試験の外に衝撃電圧試験（150 kV）及び機械的震動による油密並びに各部の強度試験を実施して十分安全なことを確認した。単器容量としても記録的なものであるから内外温度の分布は十分の検討を要する問題である。この点に就いては既に本誌 Vol. 35 No. 2 P 23 に発表せる如く優秀な成績をもつている。単器容量は従来の記録を更新したのみならず、機器の据付はコンデンサ、放電コイルを架台上、直列リアクトルのみコンクリートの台上にのせ、相別3列平面配置として2段積重ね方式をさけ、群と群との間隔を適当にし保守作業に便利のようにした。**第34図**はコンデンサの外観を示す。

次に従来のコンデンサはタンクカバー間にパッキングを使用して来たが、この部の油洩れを絶無にするために熔接構造とする研究を行い、上記と同一仕様の 417kVA コンデンサ2台（**第35図**）を製作諸特性を測定して困難なく実行し得ることを確認した。

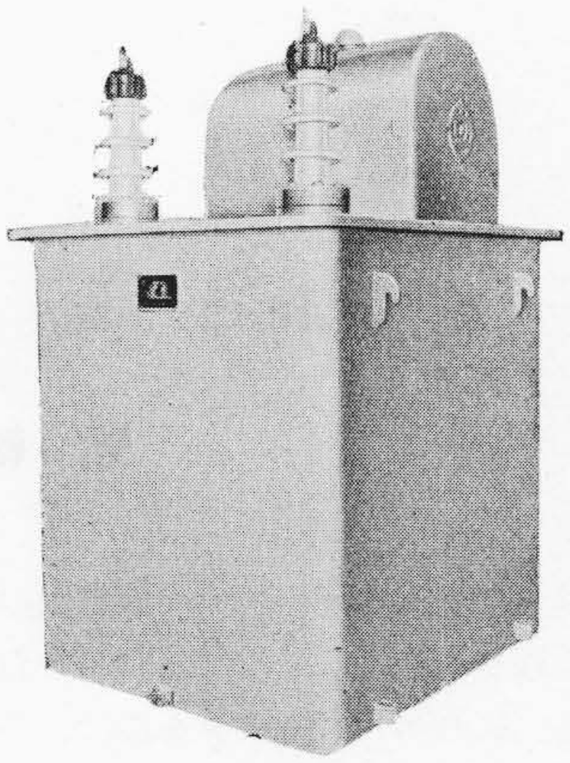
その他 3,300 V 級では 300 kVA, 200 kVA, 50 kVA 及び 30 kVA を多数納入した。又衝撃電圧発生装置用、衝撃波吸収用、電気炉用及び結合コンデンサ等多数製作した。



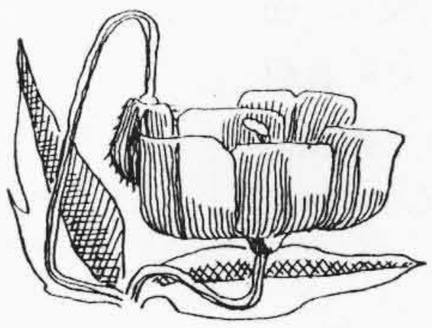
第34図 22 kV 20,000 kVA 進相用蓄電器設備
Fig. 34. 20,000 kVA 22 kV Static Condenser



第35図 417 kVA 進相用蓄電器
Fig. 35. 417 kVA Static Condenser



第36図 密封型 417 kVA 進相用蓄電器
Fig. 36. 417 kVA Welding Sealed Type Static Condenser



実用新案

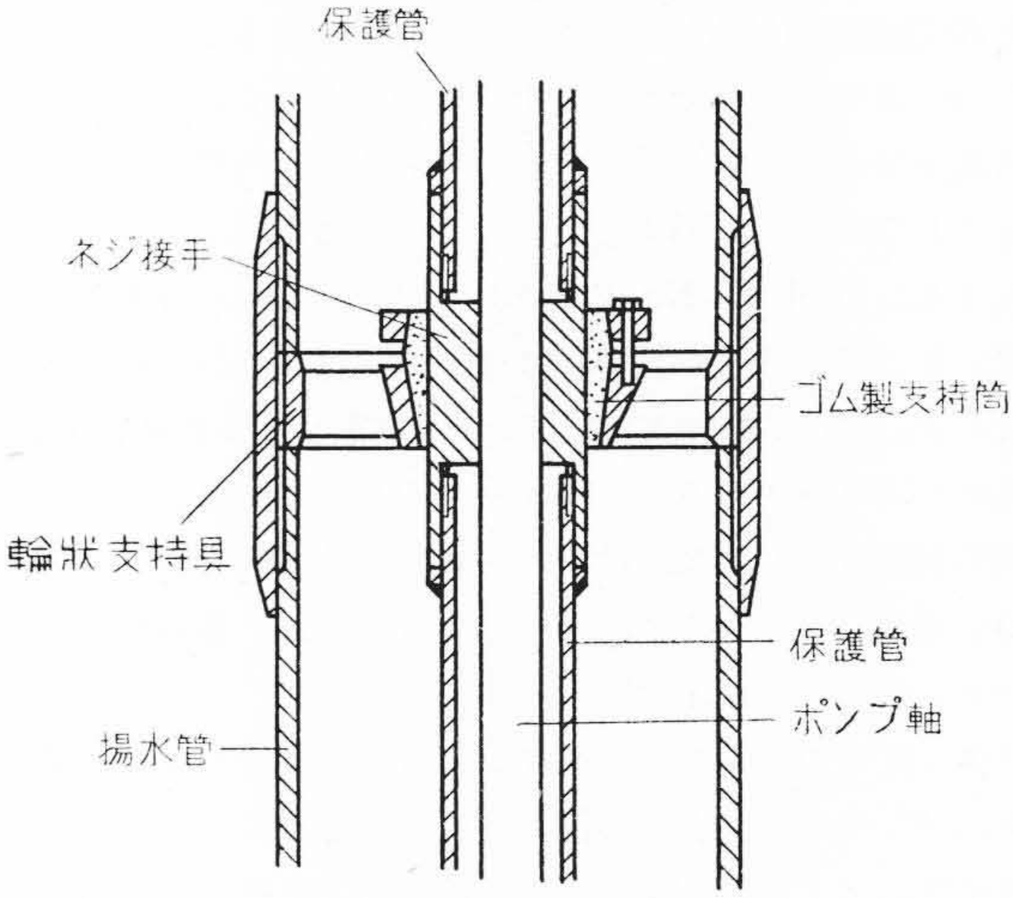
実用新案 第393969号　　木暮健三郎

深井戸ポンプに於ける保護管支持装置

この支持装置は、特殊構造のゴム製支持筒を介して保護管に連結した軸受兼用のねじ接手を支持するようにしたものである。

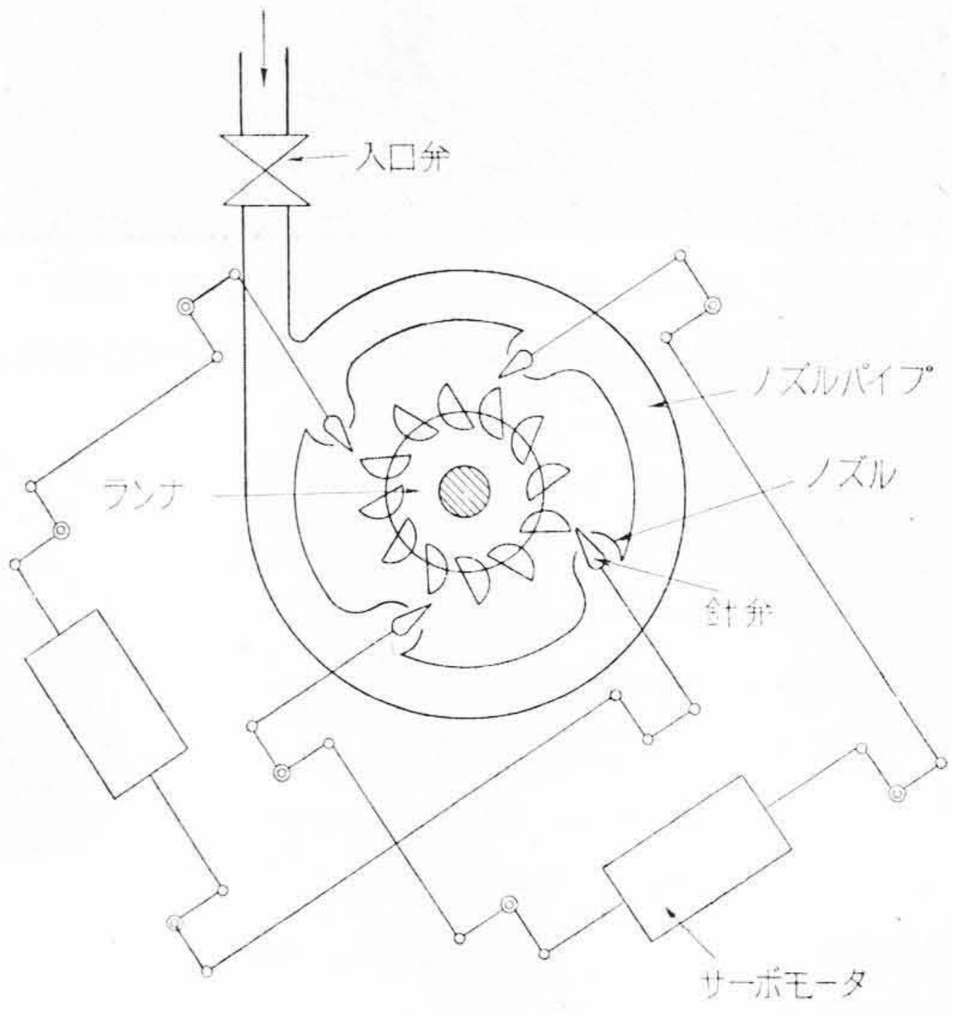
この支持装置を使用すれば、支持部分に無理を生ずることがなく、ねじ接手を輪状支持具の中心に支持出来るとともに、運転中に於けるポンプ軸の横振動のため生ずるポンプ軸と、これを支持する軸受部との間の衝撃をゴムの弾性によりよく吸収して両者の磨耗を軽減し得るばかりでなく、支持筒自体の磨滅が極めて少く長期の使用に堪えられる。

（富田）



実用新案 第398695号　　深栖俊一・田中重三

竪軸ペルトン水車

本案は竪軸ペルトン水車に於て、偶数箇のノズルをランナの全周に亘り対称位置に設け、且つ一台の調速機より制御される二組のサーボモータを設け、各ノズルの針弁を1箇置きにその半数を一組のサーボモータに、他の半数を他組のサーボモータに、それぞれリンク機構を介して連結してなるものである。この構造によれば、偶数箇のノズルが対称的に位置するため、ノズルよりの噴射水はランナの全周に平衡して作動し、ノズル配置の偏寄による不平衡作動のため運転能率が低下する現象を一掃することができる。なお軽負荷運転の場合は、1/2 負荷まではノズルの半数を全閉し、他の半数により平衡運転を行い得るから、負荷の軽重にかゝわらず水車の高能率運転が可能である。

（滑川）