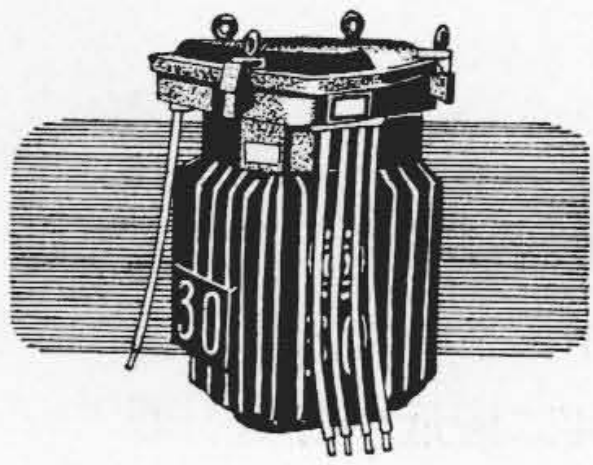




〔III〕 静 止 電 気 機 器

ELECTRIC STATIONARY MACHINES

変 圧 器

Transformers

電 力 用 変 圧 器

Electric Power Transformers

電源開発の進展に伴い、電力用変圧器の製作も愈々活況を呈し、昭和 27 年度は、不断の試作研究により、性能の向上、信頼度の増大、斬新なる分野の開拓、納期の短縮等幾多の成果をあげその期待に応えてきた。

今期中に製作された主なる変圧器を第 1 表に示す。

本表中、主要なる変圧器につき、その概要を次に述べる。

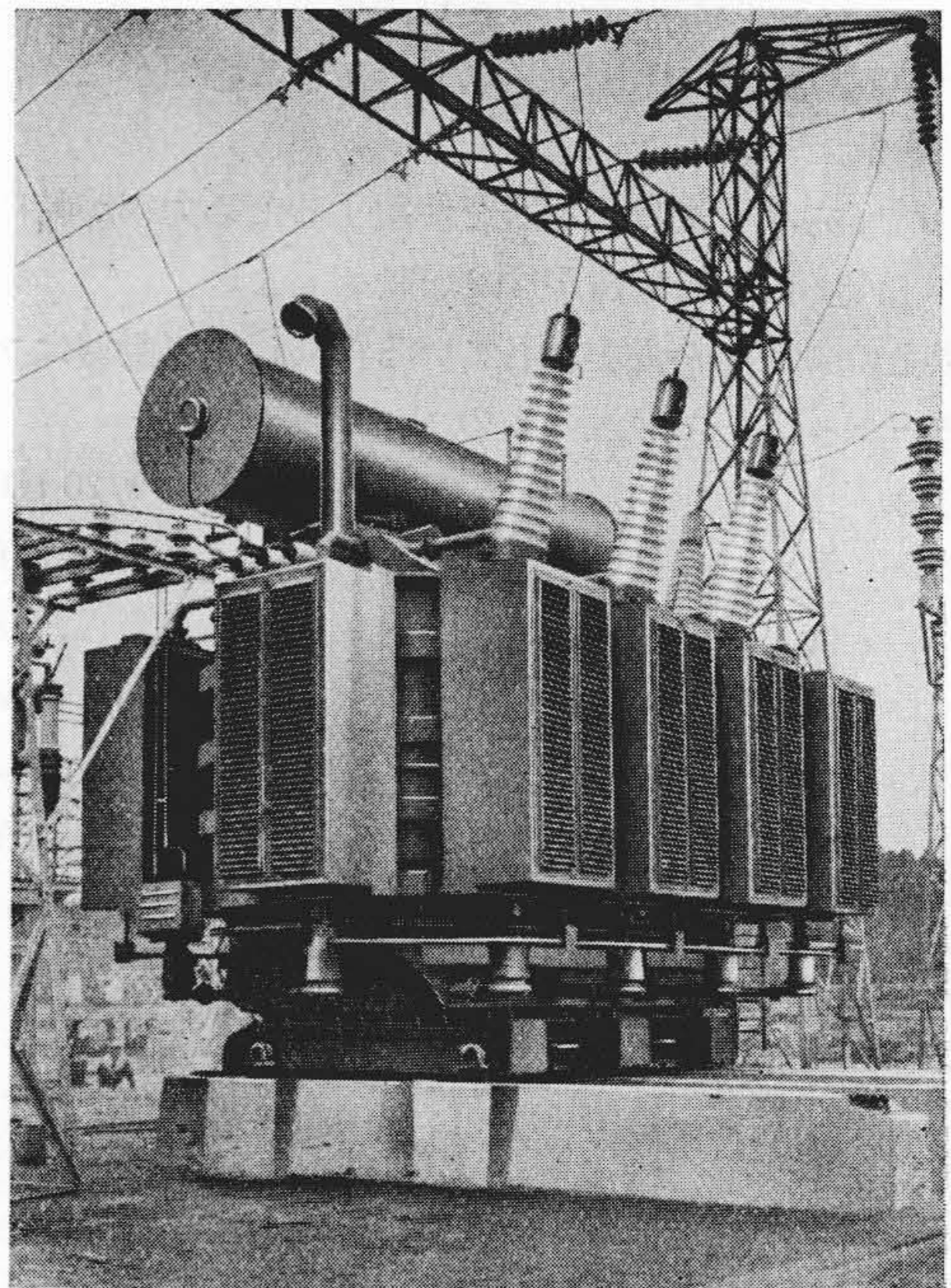
東北電力平変電所用 50,000 kVA 変圧器

本器は短期間の完成、及び組立輸送の実施に於て記録的製品であつて、仕様は次の通りである。

型 式	AFOC-3MYCP		
	屋外用、三相、三巻線、送油風冷式 (冷却器 10 組を本体外函周囲に) 分散配置		
容 量	一次.....	45,000 kVA	
	二次.....	50,000 kVA	
	三次.....	20,000 kVA	
電 圧	一次.....	154-147-140-133 kV	人
結 線	二次.....	66 kV	人
	三次.....	10.5 kV	△
周 波 数	50~		
寸 法	床面積 5.4m×8.5m 高さ 6.7 m		
総 重 量	186,000 kg		
中身重量	84,000 kg		

本器は工場作業方式の改善並びに不屈の努力により、4 月中旬注文を受けて以来 7 月下旬、工場完成、その間百日余と云う驚異的な短期間製作の記録を樹立したものである。

又輸送方法は鉄心上部継鉄を取外し、輸送用タンク・カバーを使用し、窒素ガス封入、シキ 100 型低床面貨車に積載、組立輸送を実施し、現地では鉄心上部継鉄のみを組立て乾燥を不要としたもので、大容量器組立輸送の限界を更に上昇せしめた記録品である。



第 1 図 東北電力平変電所納 50,000 kVA 変圧器

Fig. 1. 50,000 kVA Transformer

第 1 表 大容量変圧器一覽表 (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 (~)	摘 要
東北電力 (平)	45,000/50,000/20,000	3	1	送油風冷	154/66/10.5	50	遮 蔽 付
東北電力 (東新潟)	30,000/33,000/15,000	3	1	送油風冷	154/66/10.5	50	遮 蔽 付
東京電力 (日比谷)	30,000/30,000/(6,350)	3	2	送油自冷	63/22/(3.3)	50	
中部電力 (久野脇)	19,000	3	1	油入自冷	10.5/80.5	60	
新 潟 県 (三 面)	18,000	3	2	油入自冷	10.5/69	50	
川 崎 製 鉄	16,000	3	2	送油水冷	10.5/23	50	
中部電力 (烏 森)	10,000	1	3	油入自冷	77/33	60	

東京電力日比谷変電所用 30,000 kVA 変圧器

都心の重要変電所用としての本器は絶対無事故、長年月の中身点検不要、騒音防止及び性能の向上等特別な要求を満足すべく、それ等を具体化するため、あらゆる角度から、あらゆる点について各種の基本的な検討を加え設計製作が進められた。

以下その概要を列記する。

(A) 絶縁強度

高圧 60 kV 側巻線中央部を中性点として、上下両端より端子を出して、上下巻線を並列に使用して異常電圧襲来時の巻線内の電位分布状態の改善を計り、絶縁に対する信頼度を増した。

(B) 絶縁物の経年変化対策

種々な試作研究を実施し、巻線の必要なる締付圧力に対し、経年収縮による巻線の弛みの絶対に生じない完全な絶縁処理・乾燥を施した。

又常に一定以上の圧力をもつて巻線を締付おく為強力なバネを装備し、巻線保持をより堅牢にした。

(C) 騒音防止

騒音、振動減少の為に歪のない珪素鋼板を十分締付け、又直接の振動伝導防止の為に中身と外函、外函とベース及びベースと床面に防振ゴムを介在せしめ、外部に対する騒音を極力減少せしめた。

(D) 導体の接続

半田接続を皆無とし、熔接、銀鍍付又は機械的クランプ接続を採用し、短絡時の熱的、機械的強度に対する懸念を絶無とした。

(E) 輸送法

本体外函、カバーそのままで特別な輸送用カバー等を使用せず極力分解部を少くし、組立てたましシキ 60 型落込貨車に積載、窒素ガス封入にて輸送し現地に於てブッシング・バースチングチコブ取付、注油のみにて現地組立を極めて簡略化した。

(F) 冷却装置

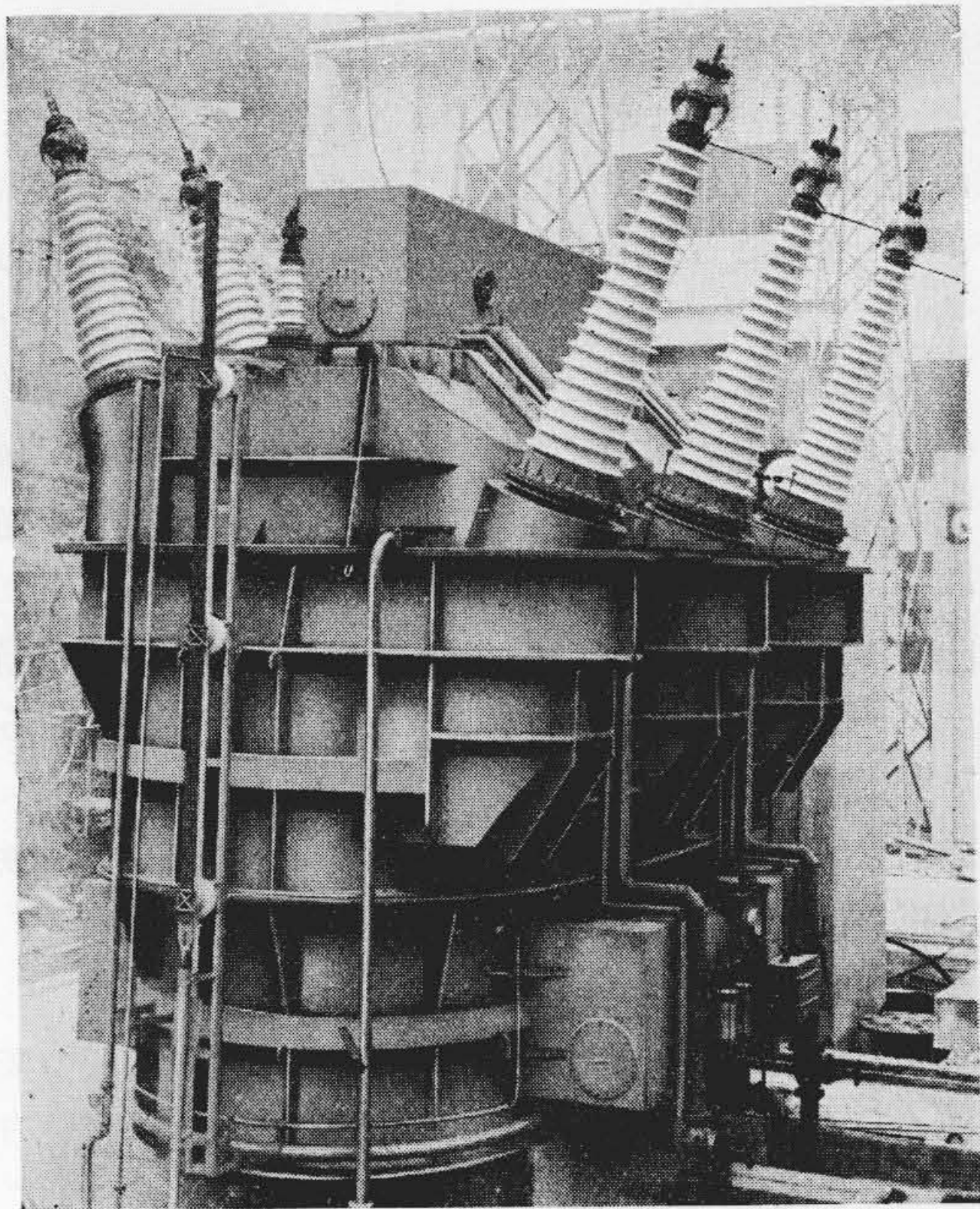
変電所建屋の関係で、冷却装置は放熱器を集合し本体と別に屋外に設置し、送油自冷式を採用した。放熱器は磷酸鉄被膜並びに半田鍍金を実施し、耐蝕については特別な考慮が払われてある。

東北電力新潟変電所用 33,000 kVA 変圧器

昭和 25 年度納入の同容量変圧器の増設分として、製作せられたものであるが、既設のものに幾多の点で改良が加えられてある。

関西電力成出発電所用 70,000 kVA 変圧器

昭和 26 年第 1 台目を完成納入し、154 kV で送電を行っていたが、昭和 27 年 6 月第 2 台目の現地試験を終了し、受電側枚方変電所の完成と共に 我国最初の 275 kV



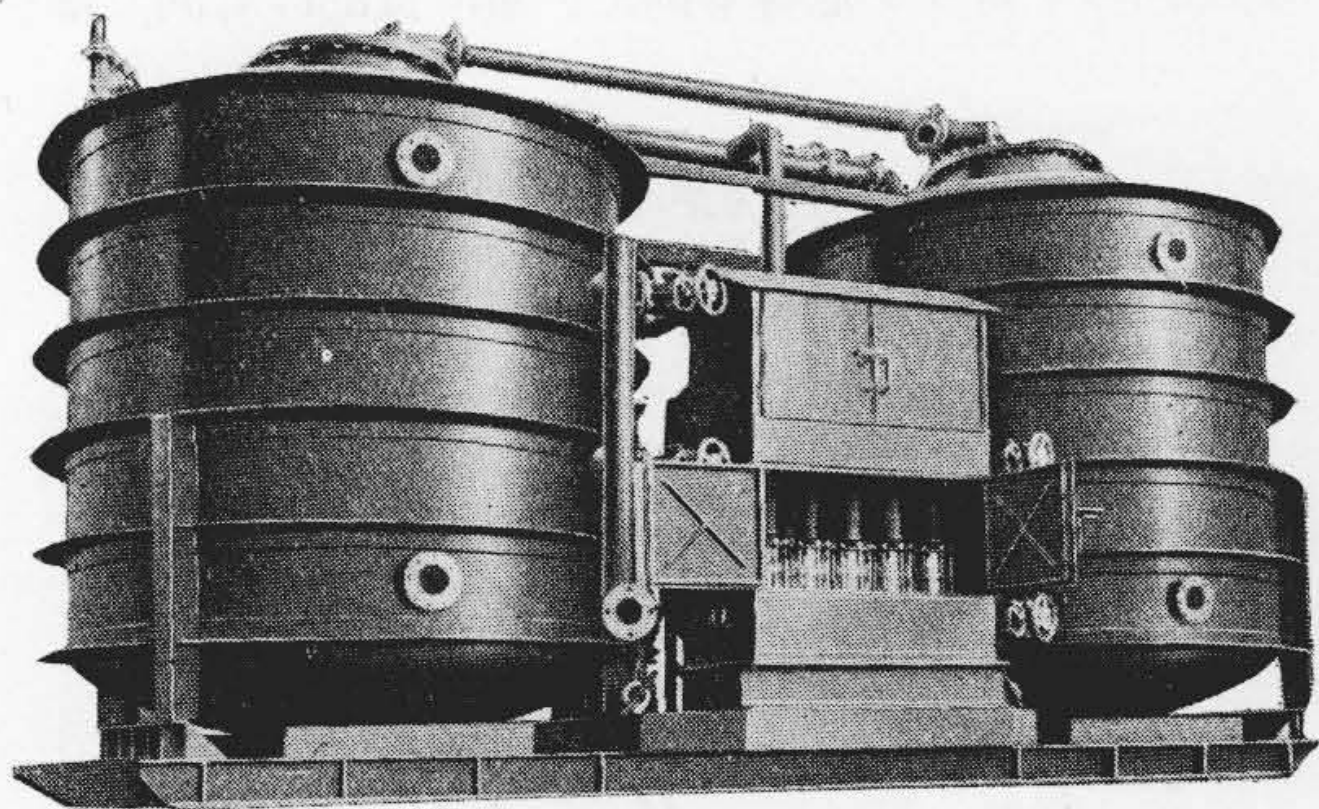
第 2 図 関西電力成出発電所納 70,000 kVA 変圧器
Fig. 2. 70,000 kVA Transformer

を送電新北陸幹線の一翼にその偉容を誇りつゝある。

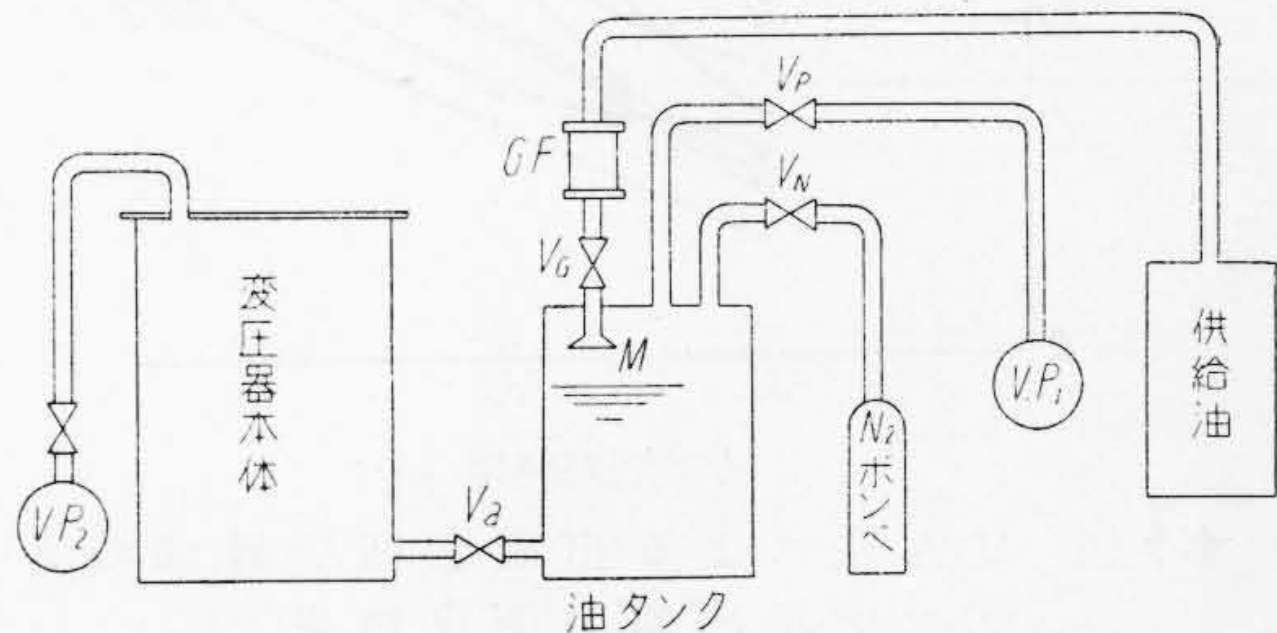
その他変圧器の性能、信頼度向上の為に幾多の新たな開拓、改良が加えられて来たがその主なものを次に挙げる。

絶縁油真空注油装置

変圧器の絶縁信頼度向上の為に真空注油を実施すること



第 3 図 真空注油装置
Fig. 3. Oil Refilling Apparatus



第 4 図 真空注油装置系統図
Fig. 4. Selection Diagram of Oil Refilling Apparatus

が絶縁物間の微細なる気泡を除去し得て望ましい。現地に於ける真空注油は第 3, 4 図のような装置で実施することが出来る。これにより絶縁油に含有する水分及び空気を絶無とすることが出来て絶縁耐力を著しく向上し得られる。

以下装置の概要を説明する。

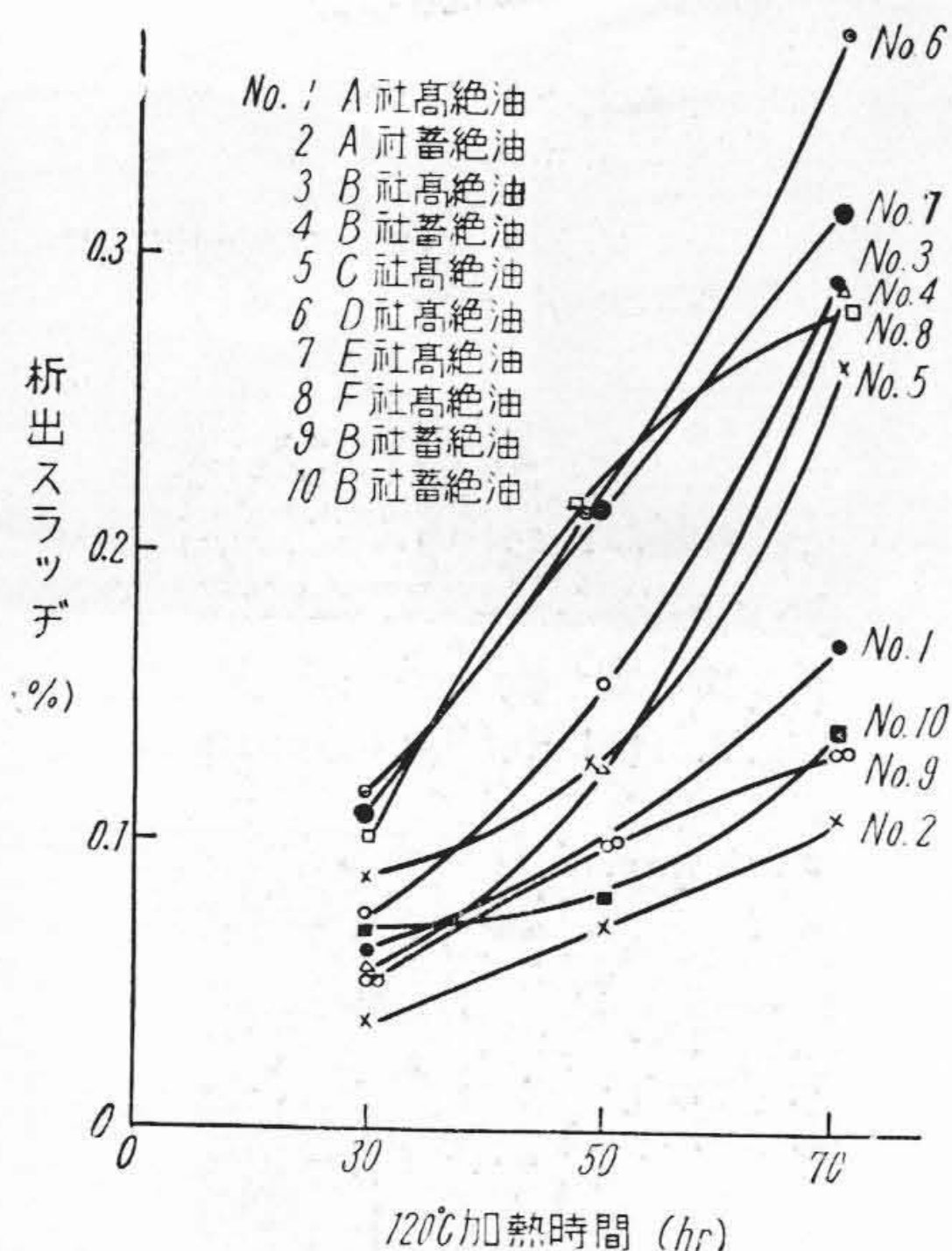
真空ポンプ $V.P_1$ により油タンク内真空度 1~5mmHg 程度に保持しながらガラスフィルタ G.F. 噴射器 M を通じ脱水、脱気して油を貯える。真空ポンプ $V.P_2$ により変圧器本体内部を真空に保持しながらバルブ V_N, V_a を開き脱気、脱水された絶縁油を連続的に本体内部に注入することが出来る。

本装置は随時随所に使用し得るよう簡単にそのまゝ鉄道貨車、自動貨車にて運搬可能のものである。

絶 縁 油

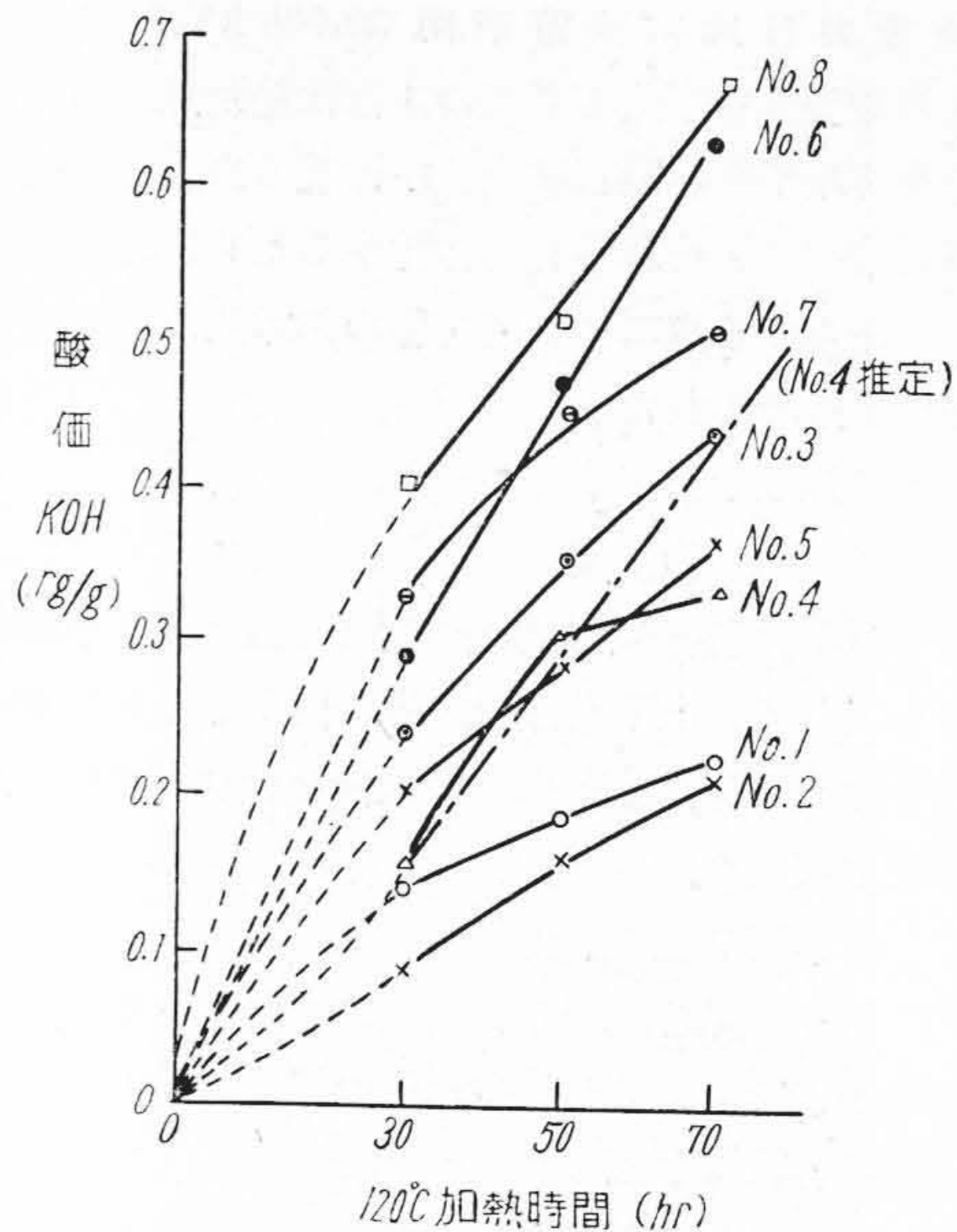
質的に優良な絶縁油を選択使用することは、高圧の変圧器等では特に必要なことであるが、質の判定に良い方法がなく、従来は専ら耐圧等の高いことのみが絶縁油に要求された。日立製作所では、既報の如く日立絶縁油安定度試験法を創案完成し、油の化学的安定性をつかむことに成功したので、本邦市販絶縁油の大部分を集めて試験し、その優劣（酸化によるスラッジ、酸の析出傾向の大小）を比較した。この結果、従来の JIS 規格に合格するものでも、安定性には相当の差があることが判り、その優良なもののみを選択使用することとした。

更に油のアニン点等も抑え、常に質的にも同じ油を



第 5 図 日立法による市販各種絶縁油のスラッジ析出傾向測定結果

Fig. 5. Sludging Tendency of Various Commercial Insulating Oils



第 6 図 日立法による市販各種絶縁油の酸価増加傾向測定結果

Fig. 6. Acidity Increasing Tendency of Various Commercial Oils

今後使用して行くこととした。従来は油を質的に規定してなかつたので、絶縁油に関して問題があつても原因を十分につかめぬ場合が少くなかつたが、今後は常に一定の油を使用し、明瞭な判断を下すことが出来るようになるであらう。

近時研究されている酸化防止剤の如きも、先ず油を質的に規定して、これに対する効果を見た上でなければ意味がないが、かゝる方面の研究を進めて行くにも、今日絶縁油を質的に規定し得たことは重要な意味がある。

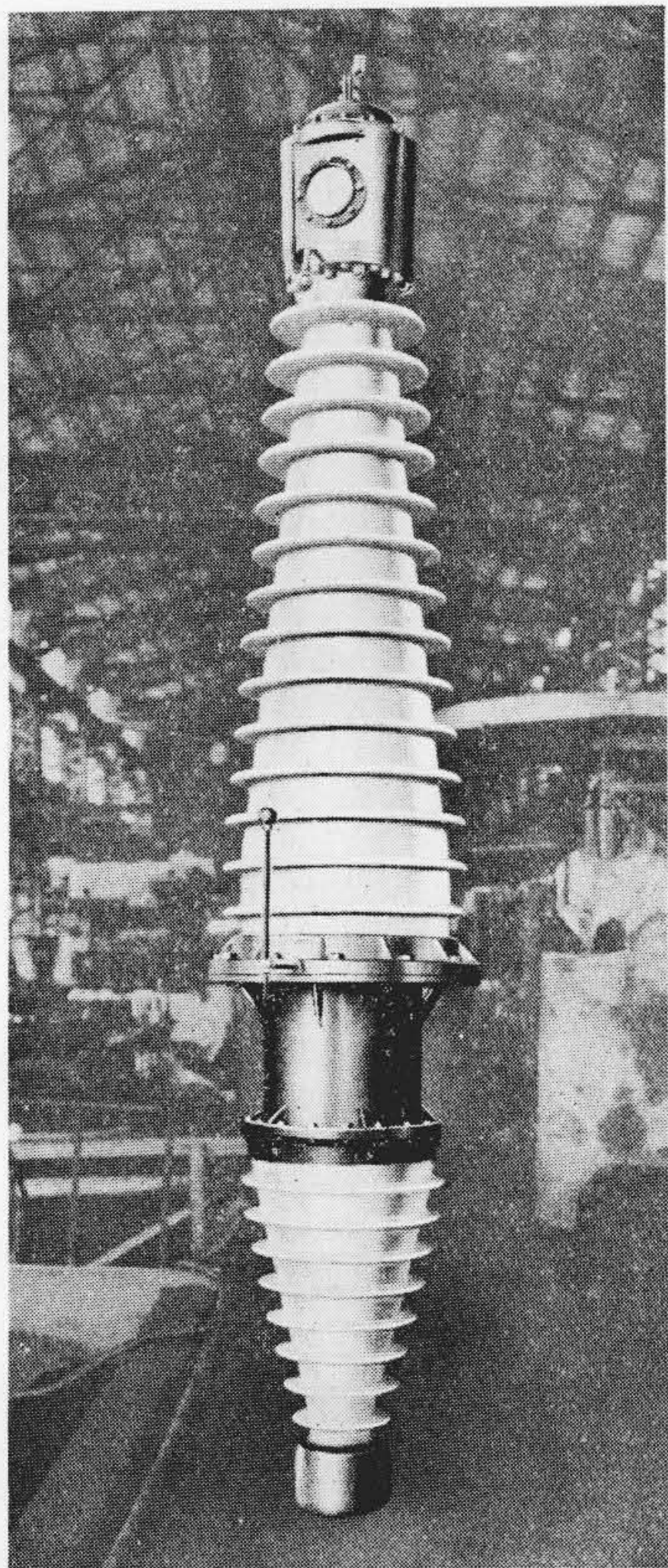
尚今回、日立高圧絶縁油として採用した油は従来品よりも精製度高く、且若干パラフィン系に近づいた組成であつて、酸化によるスラッジの蓄積も酸の発生も遙かに少いものである。

密閉型套管

油入套管の事故はその殆どが内部油の吸湿或は酸化による絶縁劣化が原因である。

本套管は外気とは全く隔離し、油温変化に基く呼吸作用は中心導管を通じて本体に対して行わしめ、又硝子の膨脹筒を廃し金属製として油面の変化はマグネット式ゲージにより指示せしめ、光線を遮断するような構造として、油の外気呼吸による吸湿、酸化及び紫外線による劣化を防止している。

前記東北電力平変電所用 50,000 kVA, 東京電力日比谷変電所用 30,000 kVA 変圧器の 140 kV, 60 kV 套管はすべてこの密閉型套管を使用した。



第7図 変 圧 器 用 高 圧 套 管
Fig. 7. High Tension Bushing of Transformer

配 電 用 変 圧 器

Distribution Transformers

新 型 30 kVA 単 相 変 圧 器

配電用変圧器の外函は過去数年間に亘つて鑄鉄製か、鋼板製か種々論議されてきたが、結論は出ないながら近來鋼板製ケースが著しく見直されて來た。

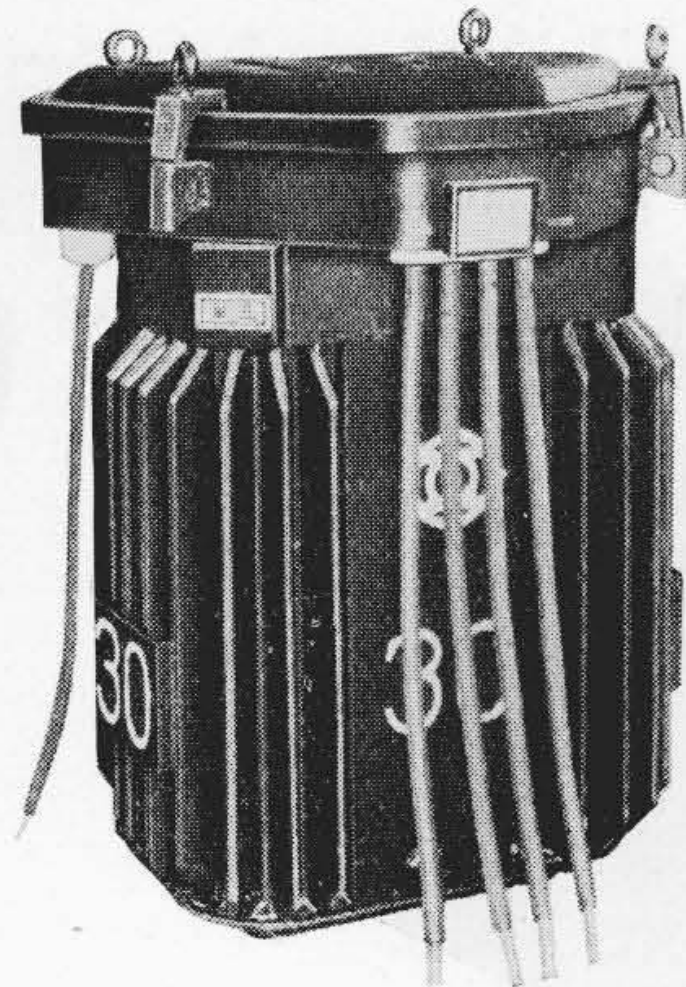
日立製作所では 15 年前鋼板ケースをデビューさせて、業界に先鞭をつけ、逐次幾多の型を産み、たゆまぬ努力を払つてきた。鋼板製ケースのシリーズの一つとして更に波形ケースの单相 30 kVA を登場させた。

本ケースは数種の実用新案を応用したもので、ハンガー座を持ちハンガー吊も可能である。一次ポケットを大きく目とし、やゝ二次側に寄せ工作物との距離がとれるように設計されている。中身固定法、底板の補強にも独特の考慮が払われている。

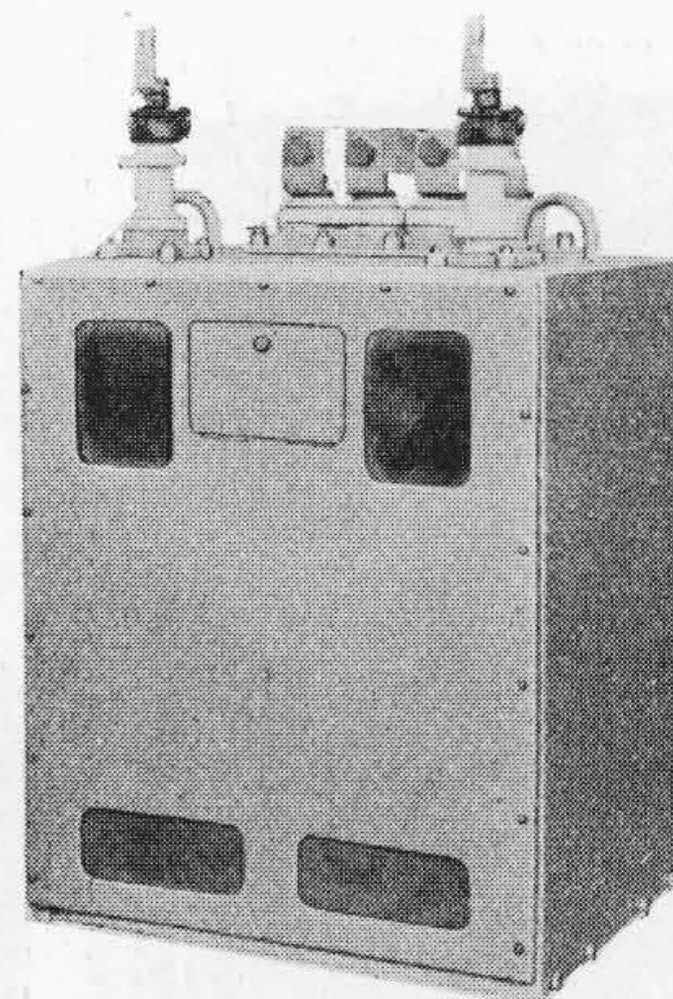
乾 式 変 圧 器 (珪素樹脂絶縁)

耐熱性と極めて優れた耐湿性並びに不燃性を有する珪素樹脂は新興絶縁材料中の白眉である。

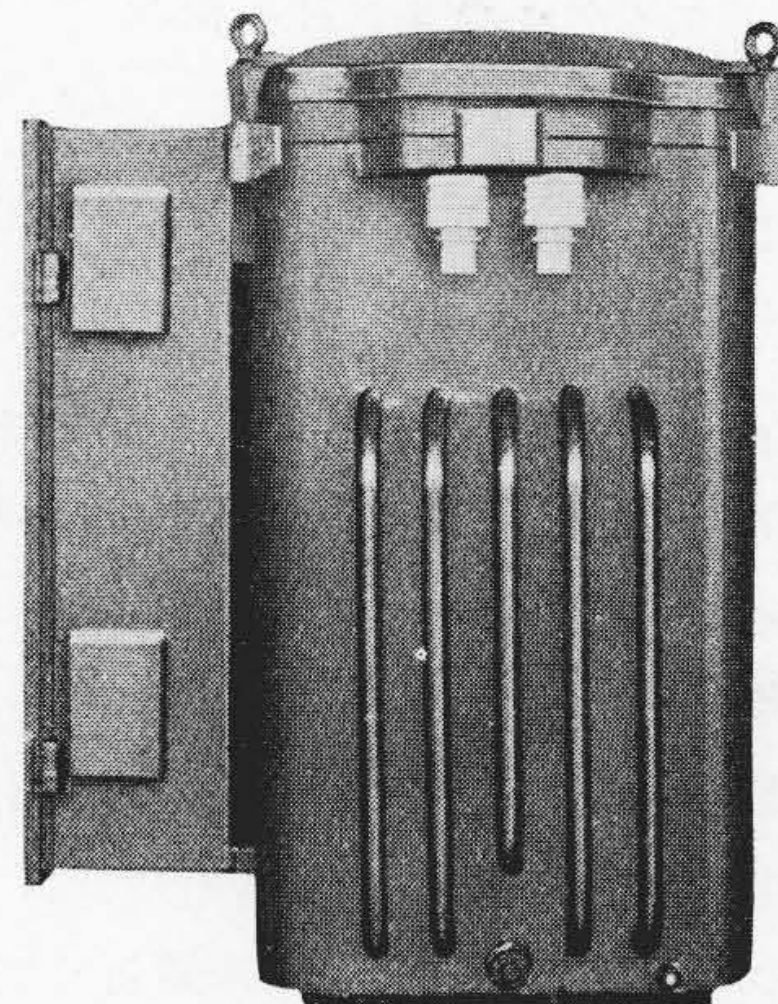
変圧器に珪素樹脂を使用することにより可燃性の絶縁



第 8 図 30 kVA 鋼板製单相変圧器
Fig. 8. 1- ϕ 30 kVA Transformer
Built with Corrugated
Steel Case



第 9 図 珪素樹脂絶縁 50 kVA 单相
乾式変圧器
Fig. 9. 1- ϕ 50 kVA Dry Transformer
Made of Silicon Resin

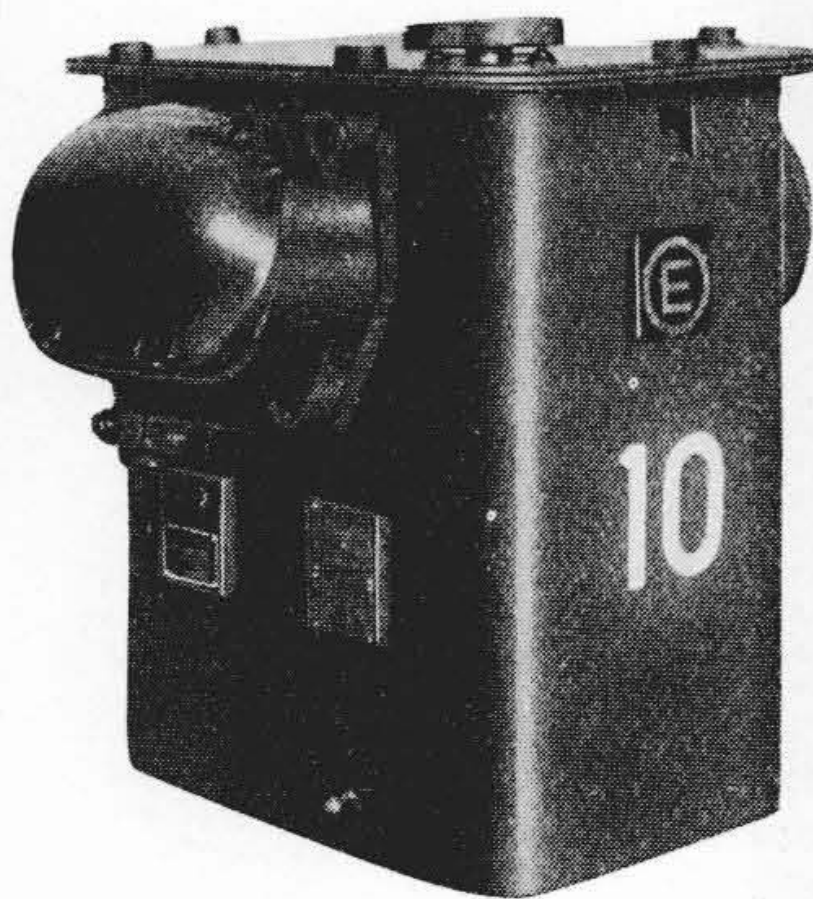


第 10 図 自 動 昇 圧 器
Fig. 10. Automatic Voltage Drop
Compensator



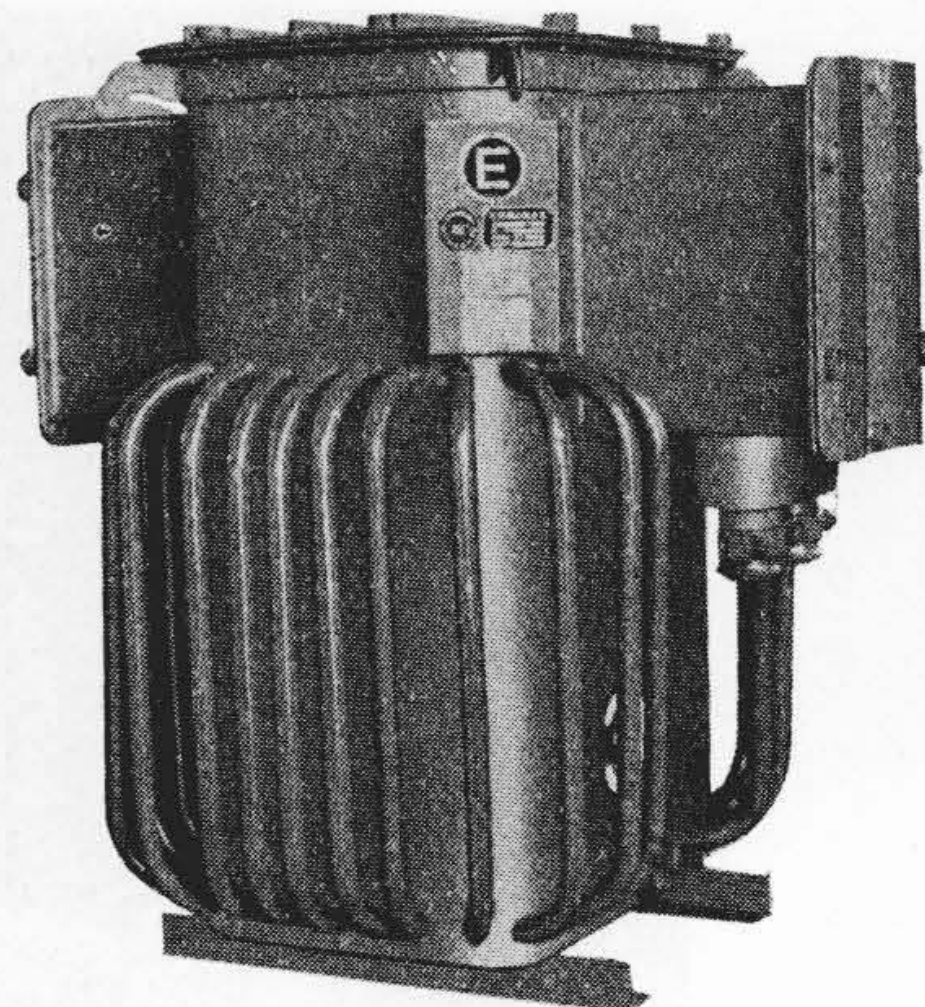
第 11 図 ケーブル・ヘッド付三相油
入防爆変圧器

Fig. 11. 3- ϕ 2 kVA Oil-Immersed
Explosion-Proof Transfor-
mer with Cable Heads



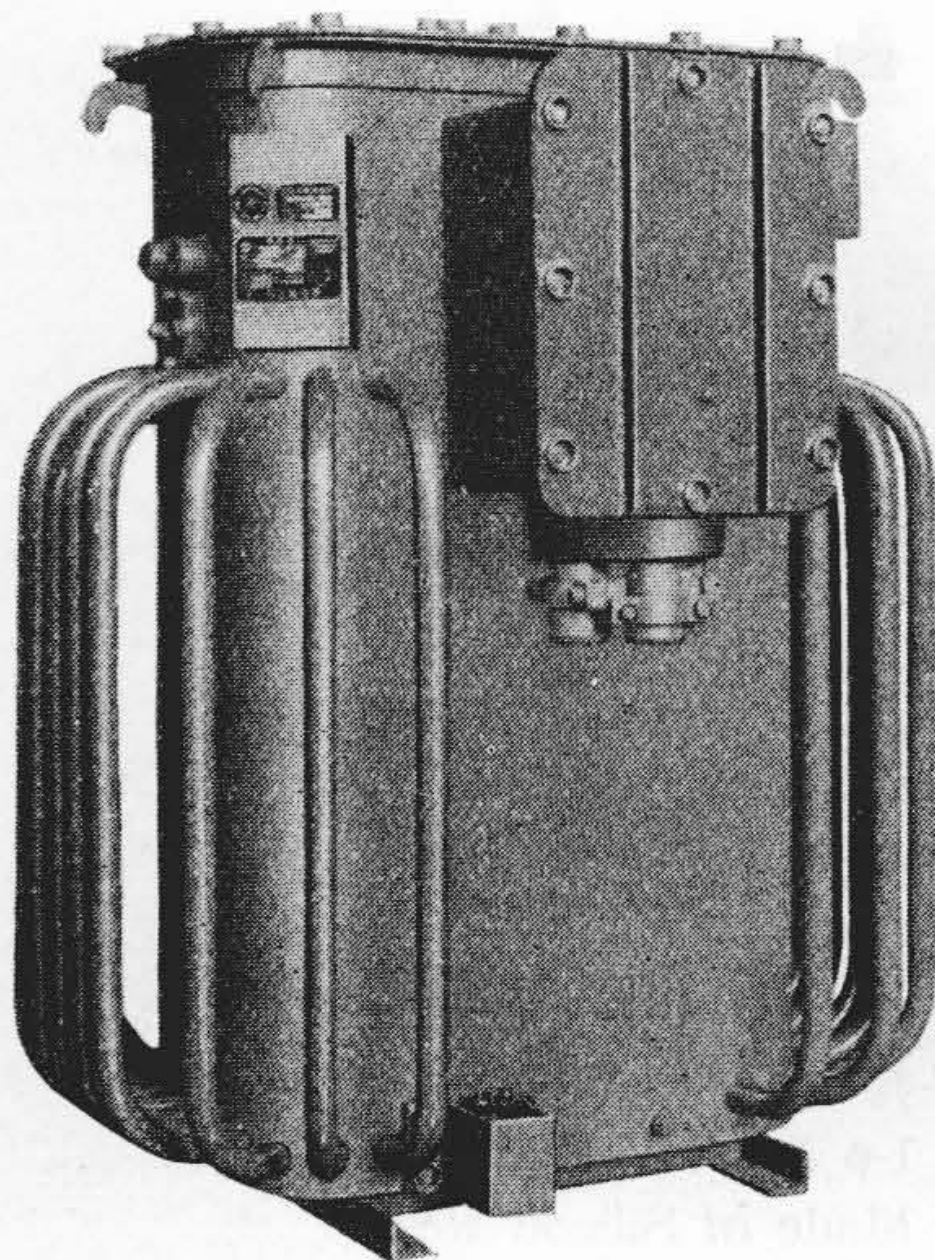
第 12 図 ケーブル・ヘッド付单相油
入防爆変圧器

Fig. 12. 1- ϕ 10 kVA Oil-Immersed
Explosion-Proof Transfor-
mer with Cable Heads



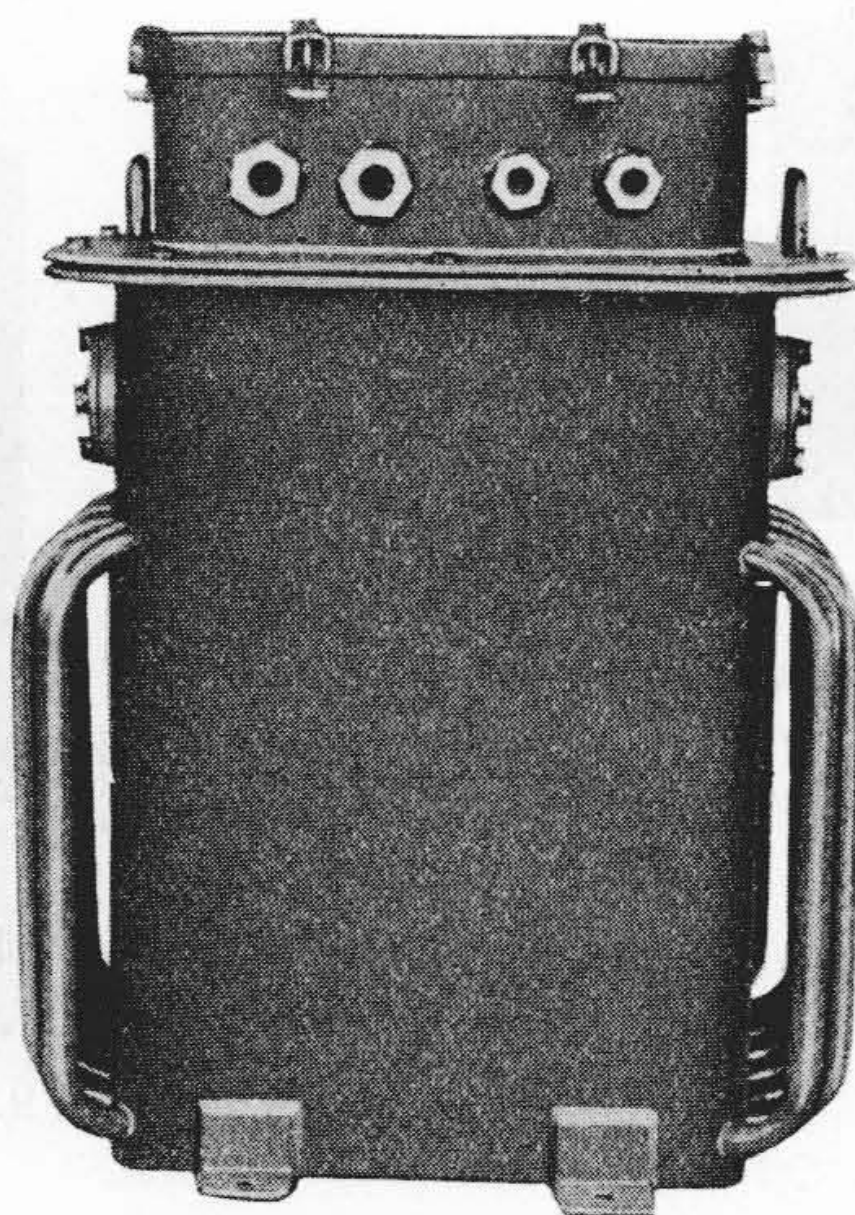
第 13 図 ケーブル・ヘッド付单相油
入防爆変圧器

Fig. 13. 1- ϕ 30 kVA Oil-Immersed
Explosion-Proof Transfor-
mer with Cable Heads



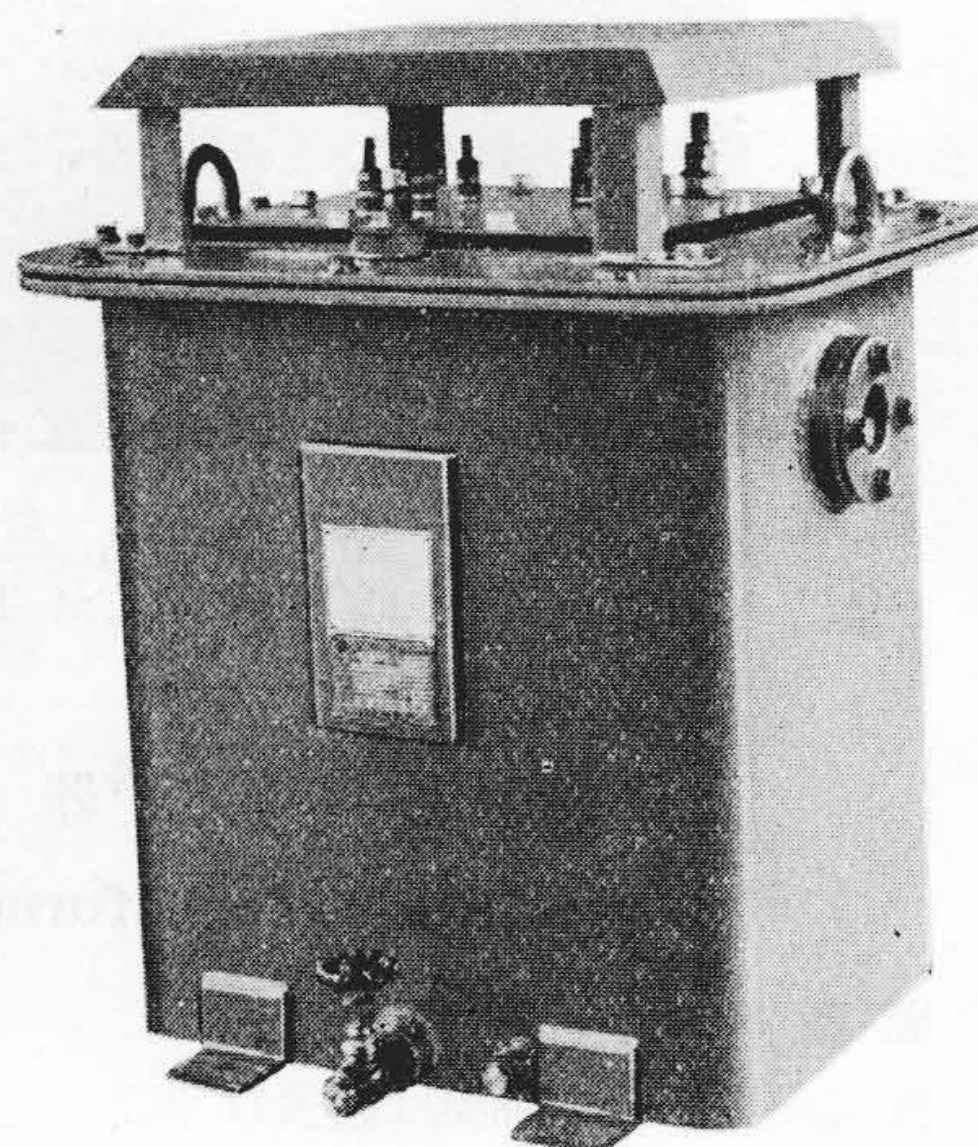
第 14 図 ケーブル・ヘッド付单相油
入防爆変圧器

Fig. 14. 1- ϕ 100kVA Oil-Immersed
Explosion-Proof Transfor-
mer with Cable Heads



第 15 図 防水型船舶用変圧器

Fig. 15. 1- ϕ 15 kVA Water
Proof Marine Trans-
former



第 16 図 防滴型船舶用変圧器

Fig. 16. 1- ϕ 10 kVA Drip
Proof Marine Trans-
former

油を使用しない小型、軽量の乾式変圧器を完成した。

本機は従来品に較べて重量 20%, 床面積 30% を減ずることが出来る。

自 動 昇 圧 器

一般に饋電線の電圧降下は相当に大きいもので配電用変圧器の持つタップの範囲では補いきれない実情である。このために、負荷が大きい程末端近くでは電圧が低下する。然し深夜になると負荷の激減によつて電圧降下は減少し、配電用変圧器は過励磁となつて電圧が規定値以上に達する。その結果変圧器はじめ各種電気機器の鉄

損を増大し、又電球等の寿命を著しく縮める等弊害を生ずる。この電圧変動による弊害を除去するため常に饋電線の電圧を略一定に保つ種々の方法が考究されているが性能と価格の両面から見て適切なものがなく、未だ広範囲に使用されていない。第10図の自動昇圧器はこの問題解決の一試案として製作したものである。

その構造は単巻変圧器を本体として、電圧継電器、タップ切替機構を備え、自動的にタップの切替を行つて昇圧すると同時に電圧変動の巾を抑えるものである。

本機における仕様は次の通りである。

型 式.....屋外用油入自冷式
 相 数.....三相
 周 波 数.....50 又は 60 $\sim$
 定 格 電 圧 入 力 側.....2,850 V $\pm$ 200 V
 出 力 側.....3,350 V $\pm$ 100 V
 線 路 容 量.....100 kVA

ケーブル・ヘッド付油入防爆型変圧器

炭鉱内における保安の完璧を期するために鎧装ケーブルによる配電が採用されつゝある。従つて坑内用変圧器はケーブル・ヘッドを持つことが必然的に要求される。これに応じてこの種の型を確定し、いづれも鉱業技術試験所又は同支所の型式検定に合格している。

船舶用変圧器

船舶における電源の交流化に伴い船舶用変圧器の需用もとみに活潑となつた。

本器は船舶における特殊条件である震動、動揺、傾斜、高温、高湿に対してそれぞれ適切な設計がなされているので NK, AB 或はロイド協会等何れの検定にも合格するものである。パッキン類、硝子等は一雙分毎に木函に纏めて収納し補用品として添付している。

負荷時電圧調整装置付変圧器 Transformers with On-Load Tap Changing Equipment

良質の電力を供給し需要家へのサービス改善を行う為に負荷時電圧調整装置付変圧器の普及が急速に進み、特に最近ユニットサブステーションの実現に依つて小容量の配電用電圧調整器が一般化せんとしている。

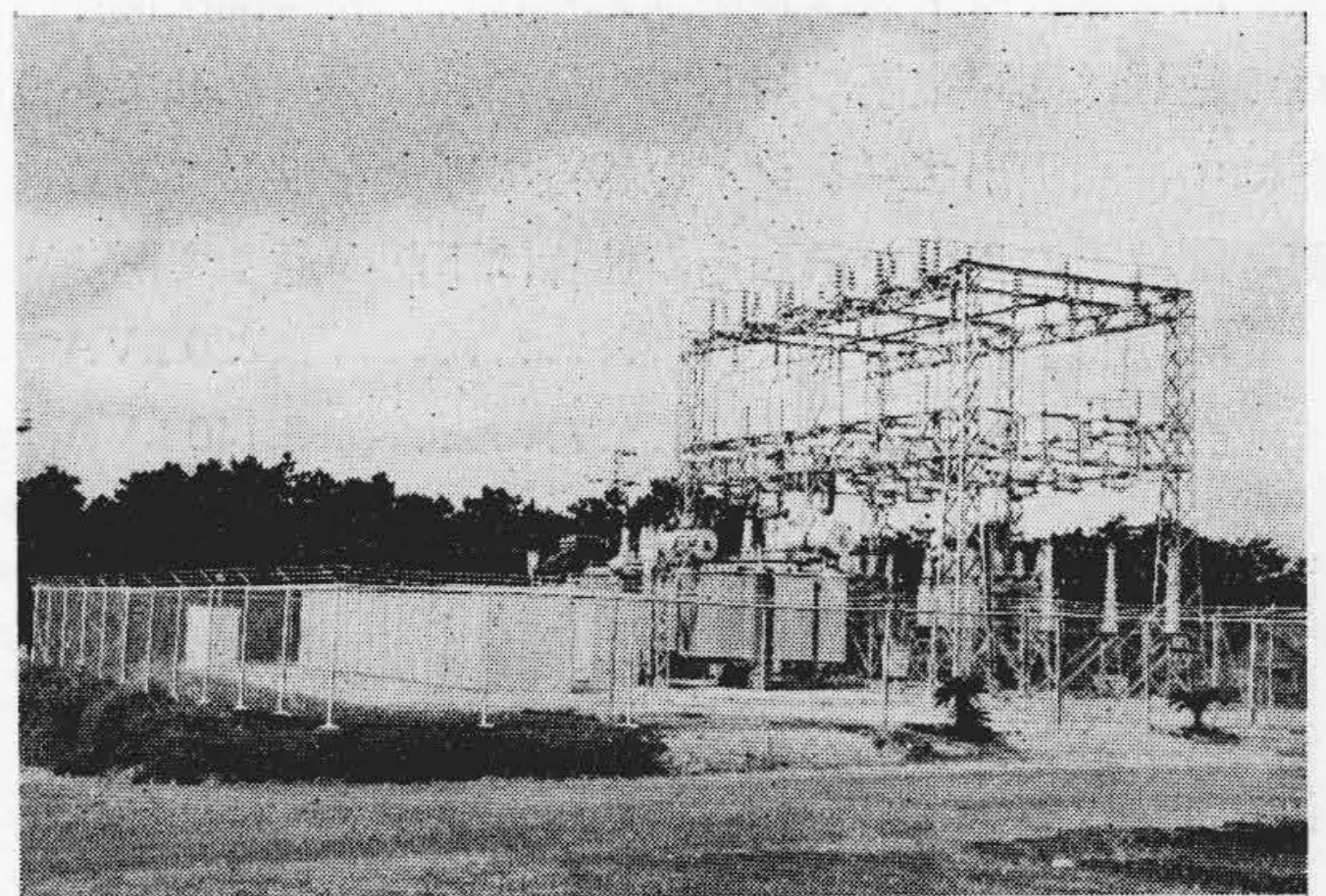
昭和 26 年度より昭和 27 年度にかけて米国陸軍の注文により製作し、沖縄島に納入した 7,500 kVA 変圧器 4 台 (2 変電所) 5,000 kVA 3 台 (1 変電所) 2,500 kVA 2 台 (1 変電所) は我国最初のユニットサブステーションであるが、昭和 27 年 3 月末迄に各変電所共据付作業を完了し、現地に於ける立会試験も終り、その近代的な姿を南方の地に誇っている。この劃期的な方式により、保守の際の危険性は取除かれ、又常駐の勤務員は不要となり、負荷中心地の僅かな敷地にて十分の機能を發揮している。特に沖縄島納入変圧器は、設備の簡易化の点から、小型の移動用クレーンによりタンクを吊上げる構造となつているので、容易に中身点検を行うことが出来た。第 17 図は沖縄島に於けるユニットサブステーションの外観である。

国内に於ては関西電力尼崎第 2 発電所納 10,000 kVA 変圧器を納入した。仕様は下記の如くである。

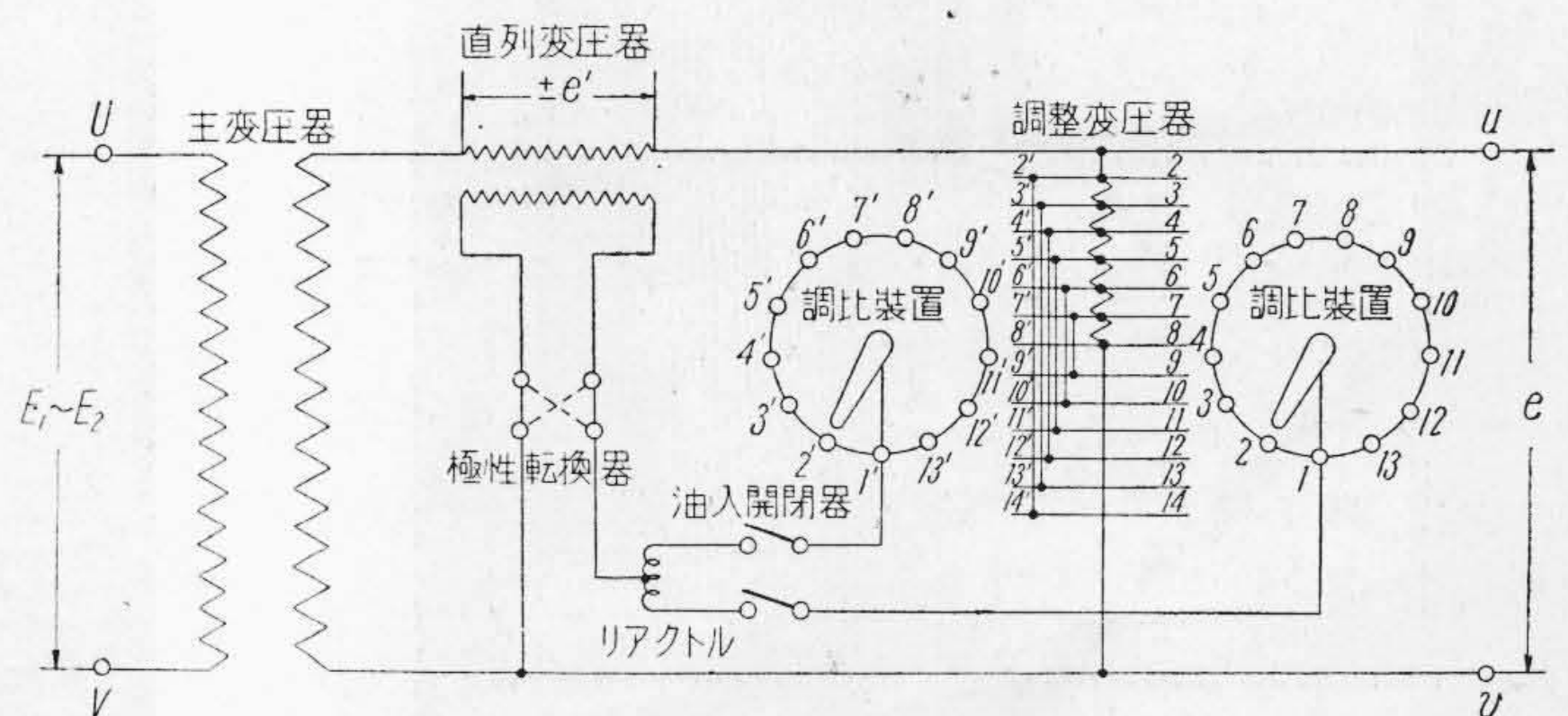
出 力.....10,000 kVA
 (自冷式負荷時電圧調整装置付変圧器)
 一 次 電 圧.....84,200 V $\sim$ 68,900 V (13 タ ッ プ)
 二 次 電 圧.....3,500 V
 型 式.....SLOCR-3 CW
 相 数.....3 ϕ
 周 波 数.....60 $\sim$
 結 線..... Δ /Y

本器は低圧側に第 18 図に示す如き電圧調整回路を設けてある。その理由は高圧側にて切換を行うと電圧高き為装置が大型となり、又低圧側にて直接行くと電流大なる為油入開閉器の接点消耗が多くなるからである。第 19 図はその外観を示す。又九州電力相浦発電所に納入すべき下記仕様の機器を製作中である。

出 力.....30,000 kVA
 (送油風冷式負荷時電圧調整装置付変圧器)
 一 次 電 圧.....10,500 V



第 17 図 沖縄島に於けるユニットサブステーション
Fig. 17. Unit Substation in Okinawa-zima



第 18 図 10,000 kVA 変 圧 器 結 線 図
Fig. 18. Connecting Diagram of 10,000 kVA Transformer

二次電圧.....77,000 V~64,000 V (9タップ)
 型 式..... AFLOC-3 C
 相 数..... 3φ
 周波数..... 60~
 結 線..... Δ/Δ

本器は潮風・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外、尼崎納入品同様窒素封入型コンサベータを有している。負荷時電圧調整器は高圧側に設けられ、衝撃電圧に対して安全な構造になっている。

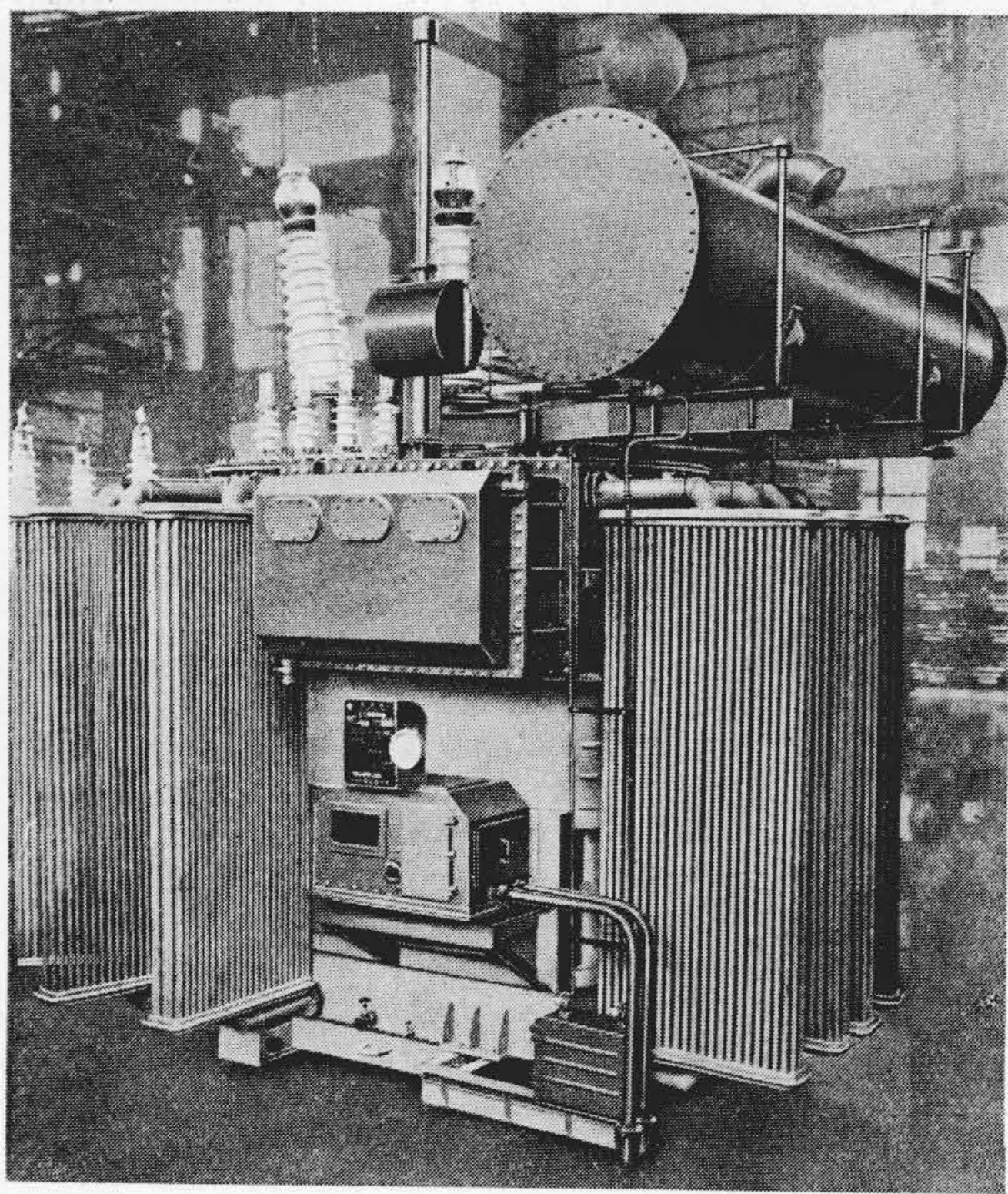
尙相浦発電所にはこの外に 6,000 kVA 負荷時電圧調整装置付変圧器を製作中である。

水銀整流器用変圧器

Transformers for Mercury Arc Rectifier

日立製作所が、時代にさきがけて製作した 66 kV 一段落しの水銀整流器用変圧器は、既に同種のものを数箇所納入し、優秀な運転実績を示している。その後一段と改良進歩に努力を続け、今日本国有鉄道豊橋変電所に納入する 77 kV 一段落しの変圧器 3 台は、機械的にも電氣的にも格段の工夫改良が加えられた。特に高圧側中性点の絶縁は衝撃電圧に対して十分な強度をもたせてあり更に中性点引出ブッシングを備えて万全を期してある。第20図はその外観を示しその仕様は下記の通りである。

一次容量..... 2,220 kVA
 二次容量..... 3,140 kVA



第19図 関西電力尼崎発電所納 10,000 kVA 変圧器
 Fig. 19. 10,000 kVA 3-Phase Transformer

型 式..... SOCR-3 YC
 相 数..... 3φ
 周波数..... 60~
 一次電圧..... F 77-F 73.4-R 70-66.5 kV
 二次電圧 直流..... 1,500 V

(470 kVA 相間リアクトル内蔵)

近時輸送量の増大に伴い、変電所出力は増大の一途を辿る傾向にある、これに応じて 3,000 kW 水銀整流器と同用変圧器を製作した。

機器仕様は下記の如くである。

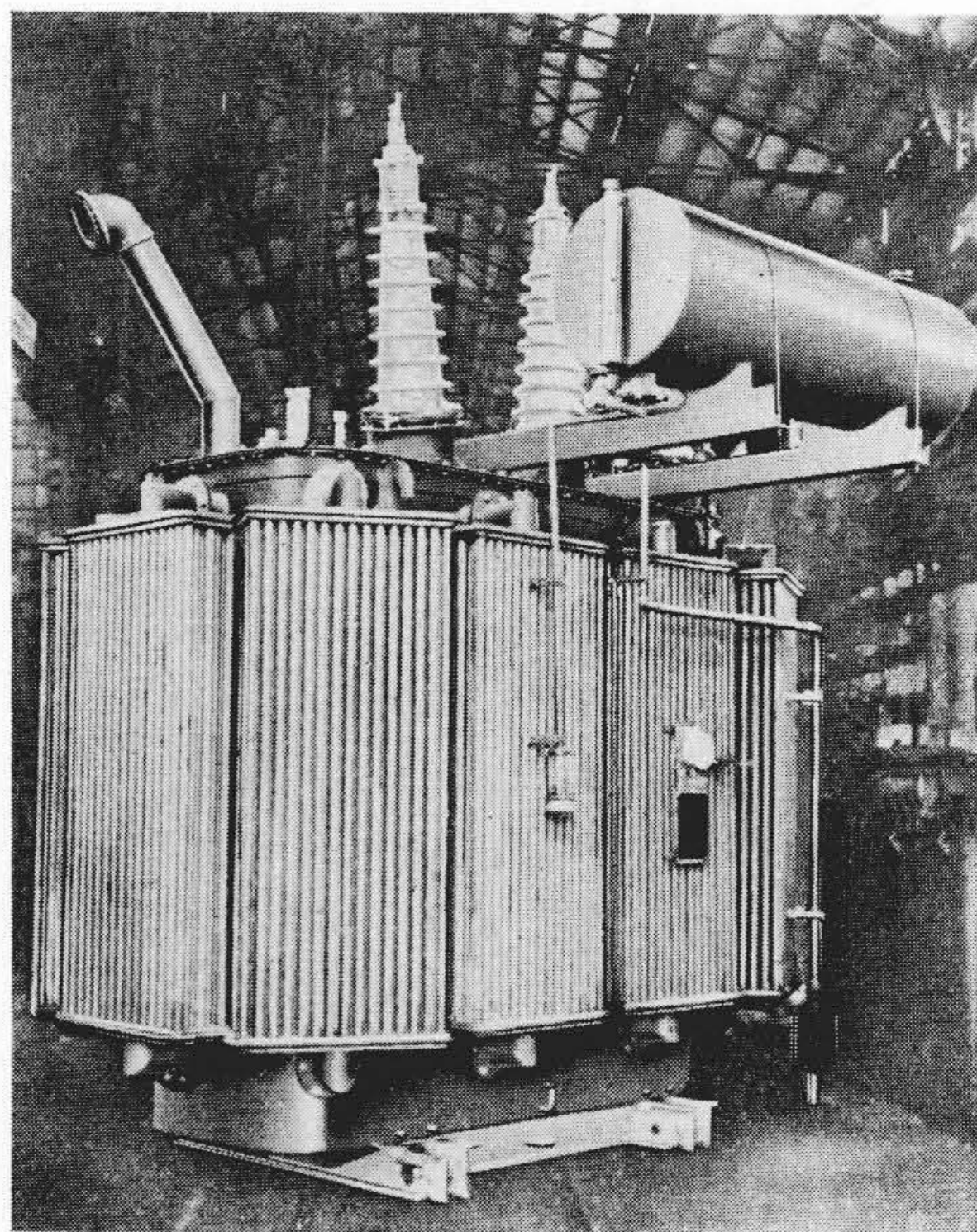
一次容量..... 3,360 kVA
 二次容量..... 4,750 kVA
 型 式..... SOCR-3 C
 相 数..... 3φ
 周波数..... 60~
 一次電圧..... F 22-F 21-R 20 kV
 二次電圧 直流..... 1,500 V

(700 kVA 相間リアクトル内蔵)

この外に 30 kV 級に名古屋鉄道矢作変電所納の 2,000 kW 水銀整流器用変圧器を、又20 kV 級以下では多数の変圧器を製作した。

電気化学用としては、同和鋁業小坂鋁山に納入した 2,440 kVA 変圧器は亜鉛電解を目的とし、新考案の定電流装置と共にその活躍が期待される。

又工場試験設備として製作された 5,100 kVA 整流器用変圧器は、電鉄用では 3,000 kW, 化学用なら 4,500 kW



第20図 77 kV 一段落水銀整流器用変圧器
 Fig. 20. 77 kV Transformer for Mercury Rectifier

の水銀整流器を十分に試験しうる容量を有している。この場合の電力返還用として 3,900 kVA のインバータ用変圧器をも併せ製作した。従来の試験設備と共に、あらゆる研究試験及び商用試験に供せられて、水銀整流器の発展の為に寄与する所大なるものがある。

近時直流送電実現の気運が高まつており、これに対し研究用として 1,000 kW D.C. 50 kV 水銀整流器用変圧器も製作中である。

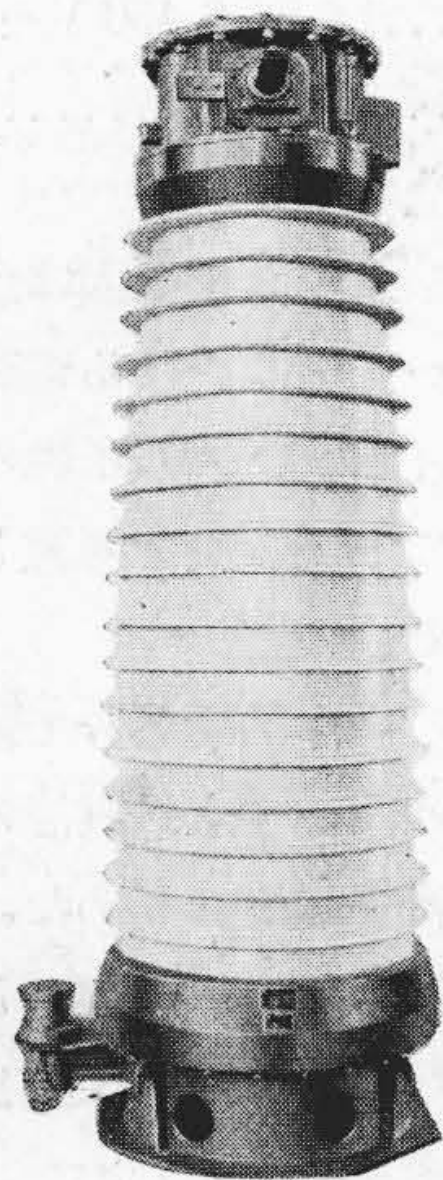
計器用変成器

Instrument Transformers

昭和 27 年度製作せる計器用変成器は、あらゆる種類を含めて約 1,000 台に達するが、その内訳は 69 kV 以上の碍子型変流器が約 400 台、電圧変成器が約 220 台その他約 380 台となつている。

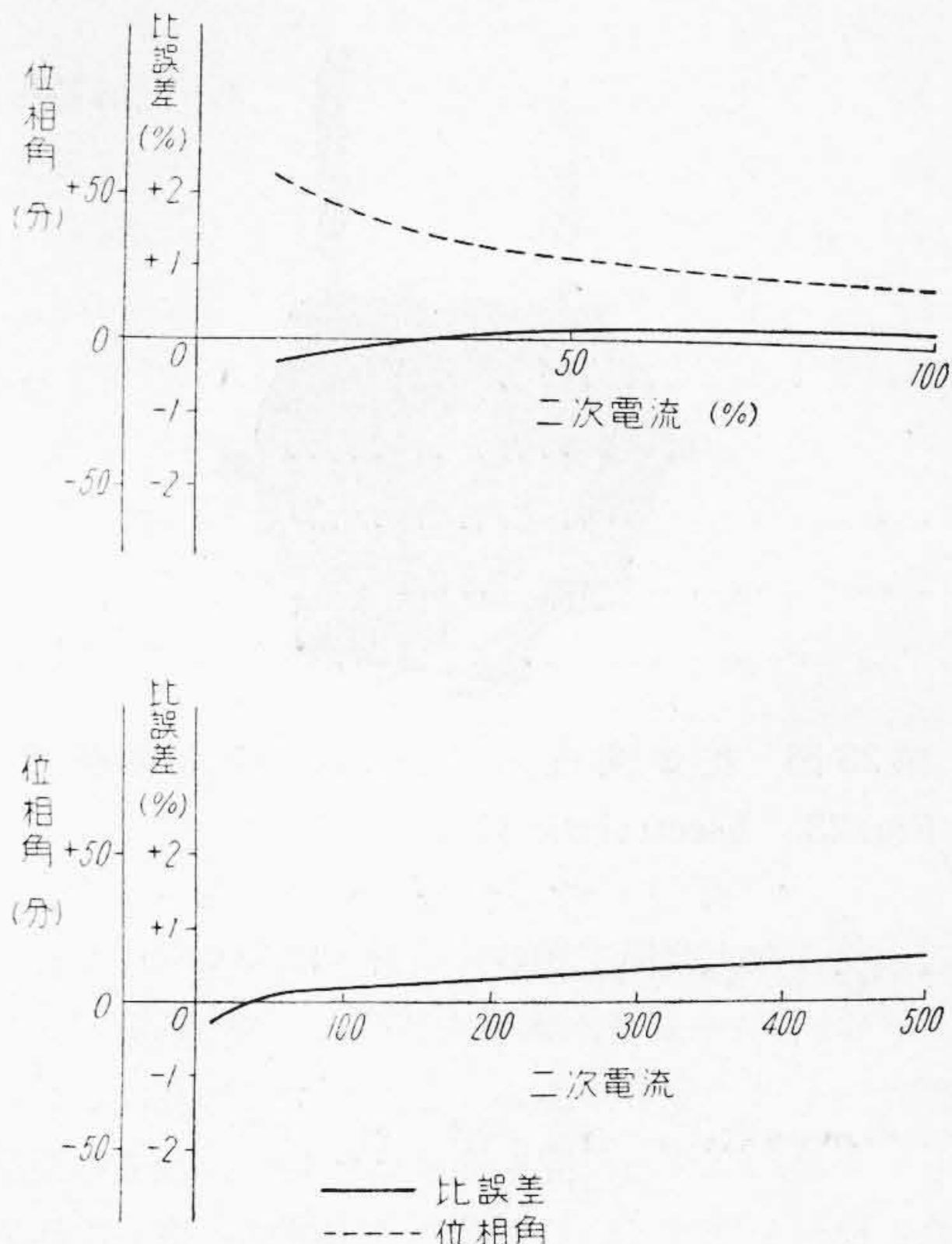
特記すべきものとして変流器に就ては、関西電力納の超高压用碍子型変流器 21 台がある。これは定格電圧 287.5 kV で制弧遮断器の支持碍管を兼ねて、その下部に設置するものであるため、本変流器の事故は遮断器にとつて致命的なものとなる。従つて、これの製作に当つては内部巻線の絶縁強度には勿論のこと、機械的強度にも十分の考慮を払つてある。尚本変流器は距離継電器と組合せて使用するため、特に過電流域における特性に十分の検討を加え、過渡状態に於ても良好な特性を有するものである。第22図はその定常状態における特性の一例である。

上記の他、制弧遮断器の支持碍管兼用の変流器として、東北電力に 161 kV 級のものの約 20 台、関西電力に 80.5 kV 級のものを約 30 台納入した。



第22図 287.5 kV 碍子型計器用変流器

Fig. 22. 287.5 kV Current Transformer



第22図 287.5 kV 超高压用 CT 特性曲線

Fig. 22. Ratio and Phase Angle Characteristic Curve of 287.5 kV Current Transformer

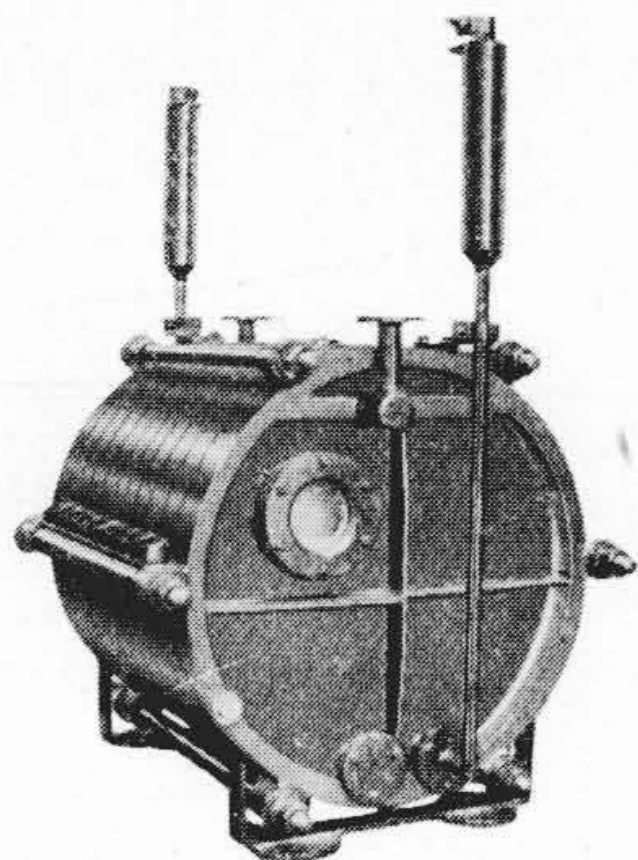
電圧変成器に就ては関西電力納の超高压用碍子型電圧変成器 4 台がある。これは定格一次電圧 $275,00/\sqrt{3}$ V, 二次電圧 $110/\sqrt{3}$ V の单相変成器 3 台を星形に接続して使用するもので、中身は上下二段に分け縦続接続を行い重量、油量の軽減を図つてあるが、その特性は 1.0 級を十分に満足するものである。又特に本品は距離継電器と組合わせ、送電線のインピーダンスを利用して故障点の検出を行うため、低電圧に於ても良好な特性を有することが必要であるが、この点に就いても十分な検討を加えた。

その他 161 kV 級の静電圧変成装置 (Potential Device) を約 20 台納入したが、この種のもは特性も相当優れており電力線搬送技術の発達に伴い、結合蓄電器との共用も考えられ、今後巻線型のものに代つて益々使用される傾向にあると思われる。

水 電 解 槽

Electrolytic Cells

終戦直後急速な硫酸増産が実施された時、20 年の歴史を有する日立水電解槽は、その水素源として 10,000 A 乃至 12,000 A の大型槽約 2,000 台が昭和電工と東海硫酸とに納入せられ、爾来好調な稼働を続けている。現在



第 23 図 花畑変電所水素冷却用水電解槽

Fig. 23. Electrolytic Cells

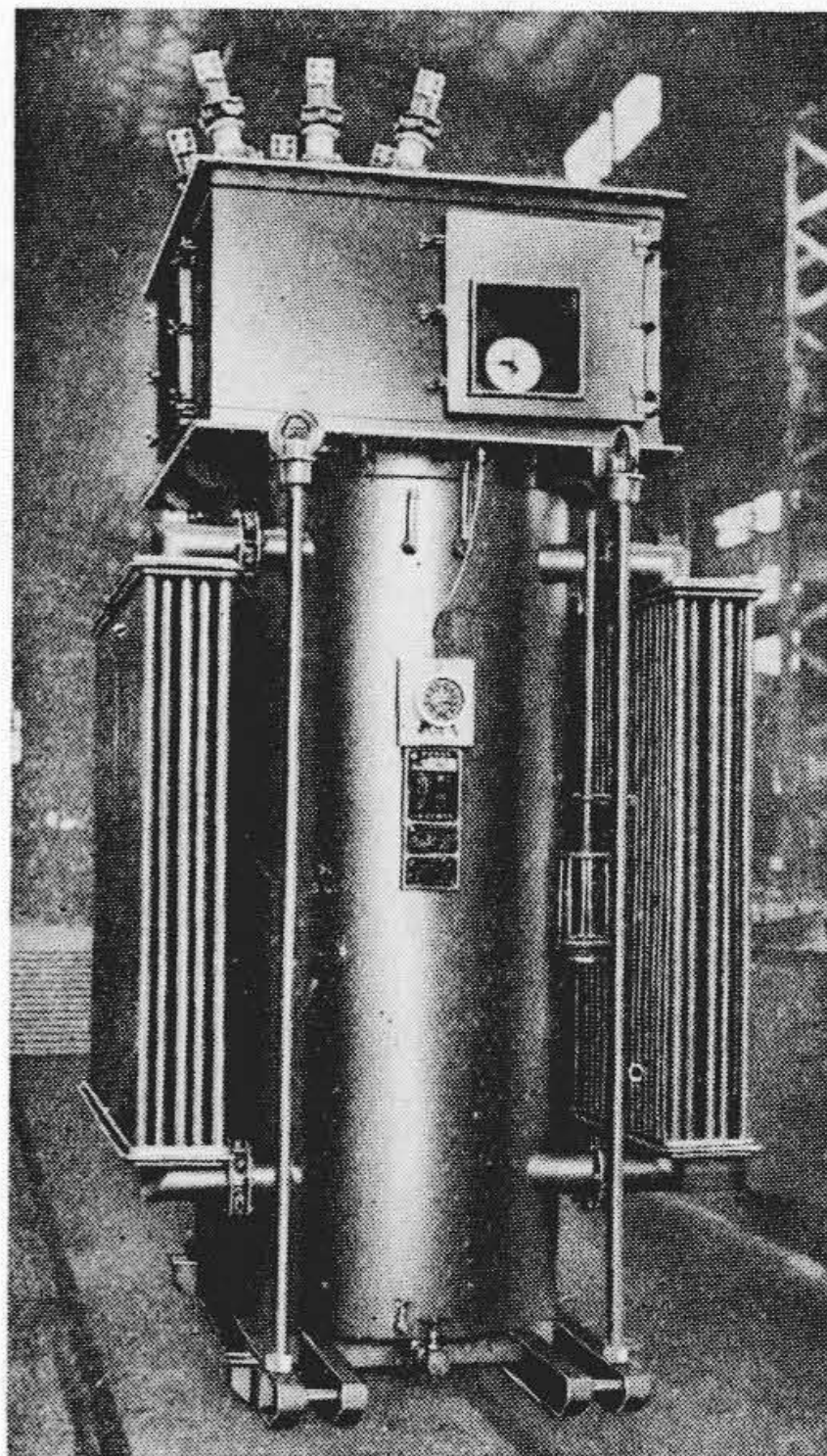
はこのような大規模工場の新設計画は少なくなつたが、数百 m^3 以下の中規模水素発生装置と $1 m^3$ 程度の小型特殊用途のものの需要がある。したがつて現在はこれらの新しい用途に応ずる研究を進めると共に、過去の製品の調査と検討を続けている。即ち水電解槽の構造の研究のみならず、槽電圧を低下させて効率を高めるための水素過電圧の電気化学的研究、極板表面処理により槽電圧を下げる方法の実用試験、電源の脈動波形が槽電圧に及ぼす影響の調査、熱収支に関する統計的研究等多方面にわたる努力が重ねられている。

こゝで特記しなければならないのは日立製作所がはじめて採用したターボ発電機等の水素冷却用水素源としての水電解槽である。これの 1 号機は東京電力花畑変電所の 25,000 kW 同期調相機用 50 A 水電解槽である。これは 4 台直列に連結して毎時 $0.9 m^3$ の水素を発生することができるものであるが、運転開始以来既に 1 年余を経過した現在未だ一度も故障がなく、水素ガスの純度も 99.9% を保っており、信頼性と簡便さにおいて卓越した性能を誇っている。これのガス圧は水柱 400 mm で使用されているが、水素冷却方式のガス圧は次第に高くなる現況にあり、昨年度は東京電力潮田火力発電所ターボ発電機用として 1 気圧に耐える電解槽を製作した。単に電解ガスの発生圧力を利用して高圧の水素及び酸素を作り、ガス圧縮機を省くという試みは各国で行われ、200 気圧の高圧水電解槽も実験室的には作られているが、圧力電解槽を発電機と同じ寿命と安全性において実用に供するということは今回が始めてであるから、この設計及び製作は万全を期して慎重に進められた。

誘 導 調 整 器

Induction Regulators

昭和 27 年に於ける誘導調整器は、前年に引続き、電



第 24 図 450 kVA 誘 導 調 整 器

Fig. 24. 450 kVA 3-Phase Induction Regulator

力会社、事業会社用として 600 kVA 以下約 130 台製作された。この内東京電力日比谷変電所納入の 300 kVA 誘導調整器は、特に性能、絶縁並びに機械的構造の外騒音防止にも特別考慮を払い、設計製作されたものである。下記に仕様、構造並びに特長を記す。

(1) 仕 様

型 式.....	SIR-3 ML
(屋内用、三相、自冷式、自動操作、自動給油式)	
自 己 容 量.....	300 kVA
一 次 電 圧.....	3,450 V
二 次 電 圧.....	3,450 V $\pm 10\%$ 及び $\pm 5\%$
周 波 数.....	50 $\sim$

(2) 構 造

誘導調整器本体振動の直接原因は主として回転子鉄心及び固定子鉄心間の空隙に於ける電磁的作用によるもので、本器は、鉄心寸法及び回転子軸の大きさその他支持枠、タンク等は特に上記振動を考慮した適切なる方法で設計製作されている。

次に誘導調整器の操作機構部分で騒音の最も大きい電動機用電磁制動機は用いず全然別箇の原理による逆相制動装置を採用し騒音を減少せしめた。

又在来の電磁接触器は電磁制動機と同様非常に高い電磁接触音を発するため特に本器は吸音材を内張した鉄板製函内に収納し騒音を減少せしめた。

更に防音効果を大ならしむるため、操作機構部分は吸音作用の良好なる吸音材を内張した鉄板製ケースにて覆

い、調整器タンク操作機構ケース間、タンクベースと床面間等振動を伝達する部分には特殊な防振ゴムを挿入し一層防音効果を良好ならしめた。

(3) 本器は従来の経験から種々改良され次の様な特長をもっている。

1. 防音を考慮した構造に設計製作せられているため騒音極めて小である。
2. 回転子線輪口出線は従来特殊可撓絶縁電線を用いているが、本器はスリップリング方式を採用したため、口出線絶縁損傷の憂がない。
3. 衝撃電圧試験は全波 4,500 V, 截断波 55,000V に耐える。第24図は、回転子口出にスリップリング方式を採用した 450 kVA 三相誘導調整器を示す。

整 流 器

Rectifiers

水 銀 整 流 器

Mercury Arc Rectifiers

水銀整流器は昭和 27 年度に於ては、単極型への移行の傾向が決定的になつた事と、単器容量増大の要望に応じて、製作可能の限界の増大が目立っている。殊に風冷式単極整流器の単器容量の飛躍的増大が特筆さるべきである。

化学工業用の大電流の整流器の製作は余り多くなかつたが、水冷式単極型への移行は決定的であり、定電流装置等の自動制御方式の導入が注目せられる。又 750 V 5,000 A の試験結果から製作可能の限界に対する 1 回答を与えた。

電鉄用の整流器に於ては、風冷式整流器に於ける記録品たる 2,000 kW, 1,500 V 重負荷公称器が日本国有鉄道大井町変電所に納入されたのを始め、3,000 kW, 1,500 V 重負荷公称器が完成し、風冷式整流器の進出が極めて顕著である。又水冷式整流器に於ても単極型への移行の傾向は益々強められつゝあり、日本国有鉄道豊橋変電所納 2,000 kW, 1,500 V 重負荷公称定格器が製作せられた。又水冷式、風冷式を通じて、変電所の無人化の傾向が強くなり、整流器はこれに相応した設計がなされつゝある。

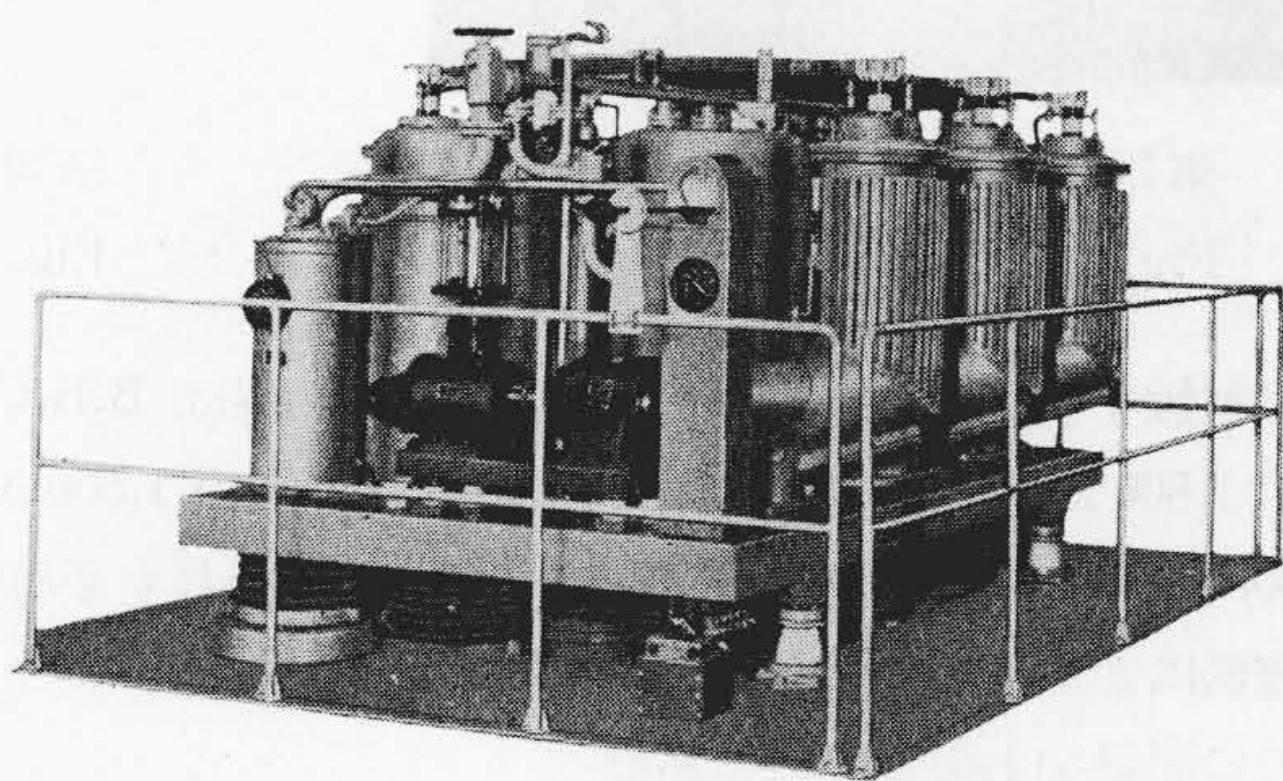
その他の用途として、静止型周波数変換装置、直流送電、一般電動力応用等の需要が高まりつゝあり、この方面に対する研究が推進せられ、成果が挙がりつゝある。

整流器槽内現象に対する日立研究所の研究、特に逆弧の原因及び機構の解明に対する研究、単極整流器に於ける陰極よりの水銀飛沫の運動に関する研究の成果は製品的设计に採り入れられ効果を挙げている。

整流器附属品についても、昭和 26 年に引続き改良進歩が加えられ、純風冷型水銀ポンプ、改良型回転真空ポンプ、回転型マクレオード真空計が製品化せられるに至つた。

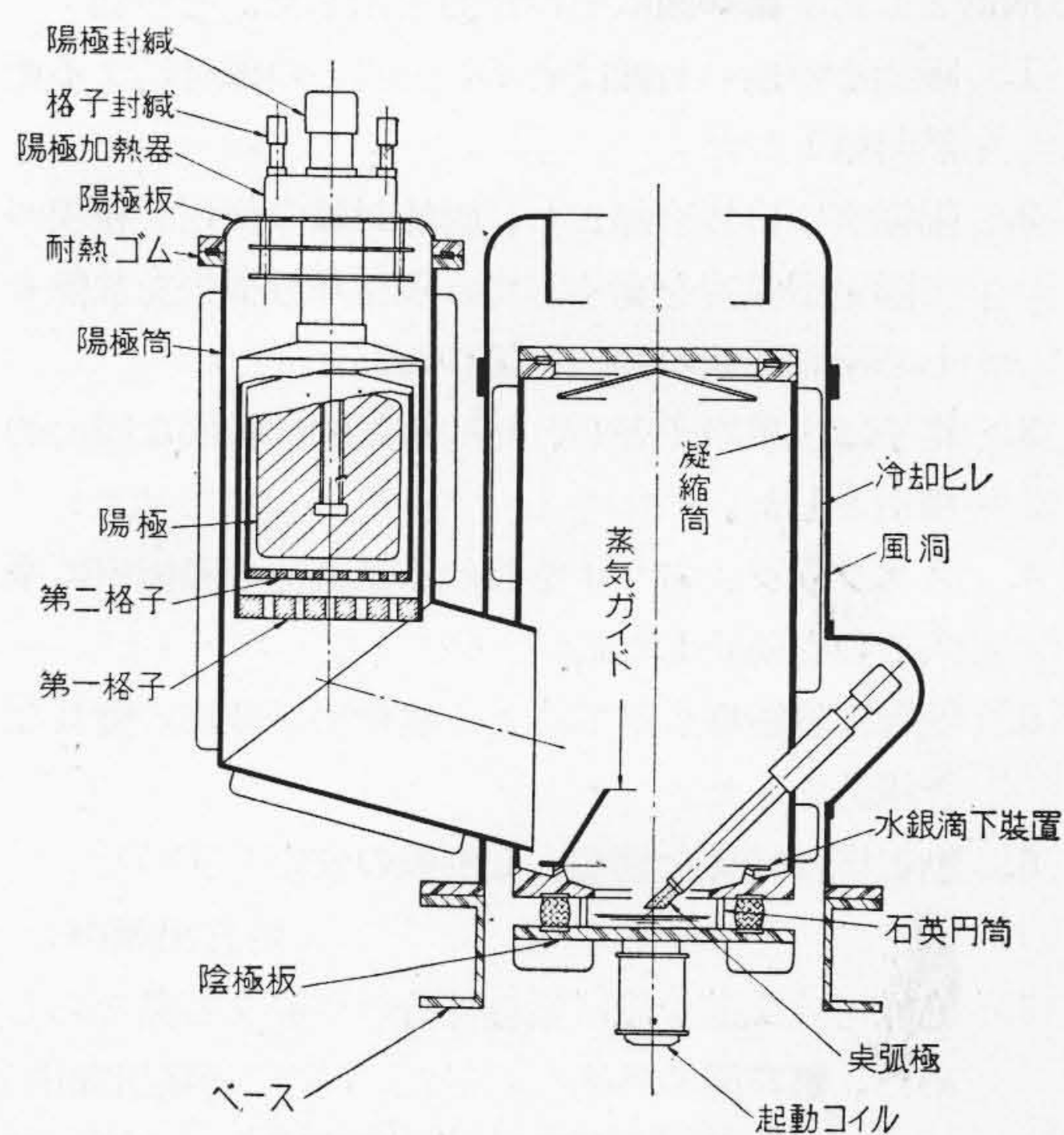
風 冷 単 極 水 銀 整 流 器

昭和 26 年に本邦最初の備南電鉄納 500 kW, 1,500 V 公称定格器が製作納入せられて以来、風冷単極整流器が風冷式の特長と、単極型の利点を兼ね備えている事が実証せられた。当時風冷式整流器の出現を希望すると同時に、その単器容量の増大に対する要望が益々強くなつた。日立製作所に於てはこれに応じて 2,000 kW, 1,500 V 重負荷公称器を製作し、日本国有鉄道大井町変電所に納入したが、昭和27年5月以来、極めて好成績を以て運転を続けている。更に 3,000 kW 重負荷公称器を製作し、工



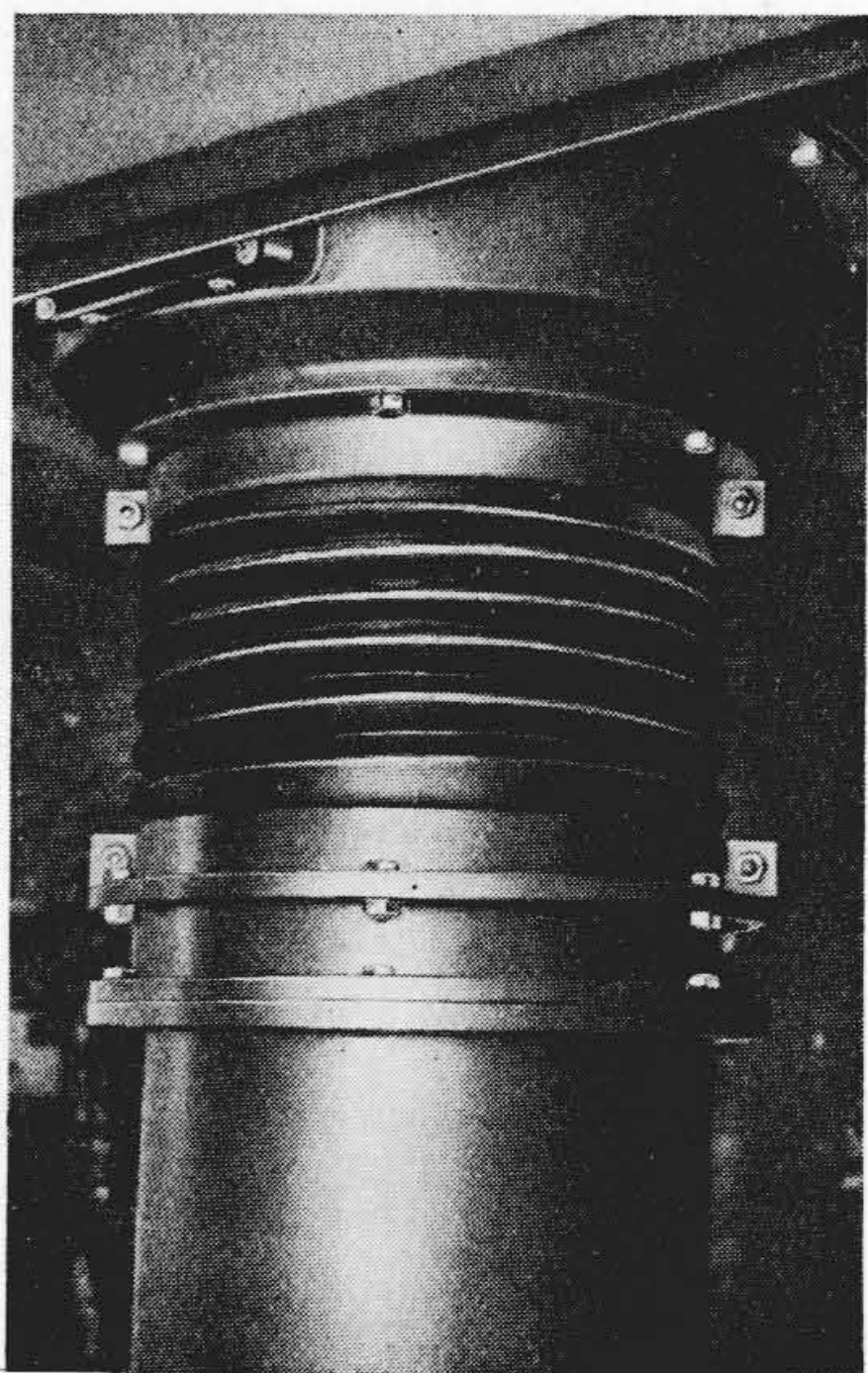
第 25 図 国鉄大井町変電所納 2,000 kW 風冷単極水銀整流器

Fig. 25. 2,000 kW 1,500 V Air-Cooled Single Anode Mercury Arc Rectifier



第 26 図 単槽の内部構造図

Fig. 26. Sectional View of Single Tank



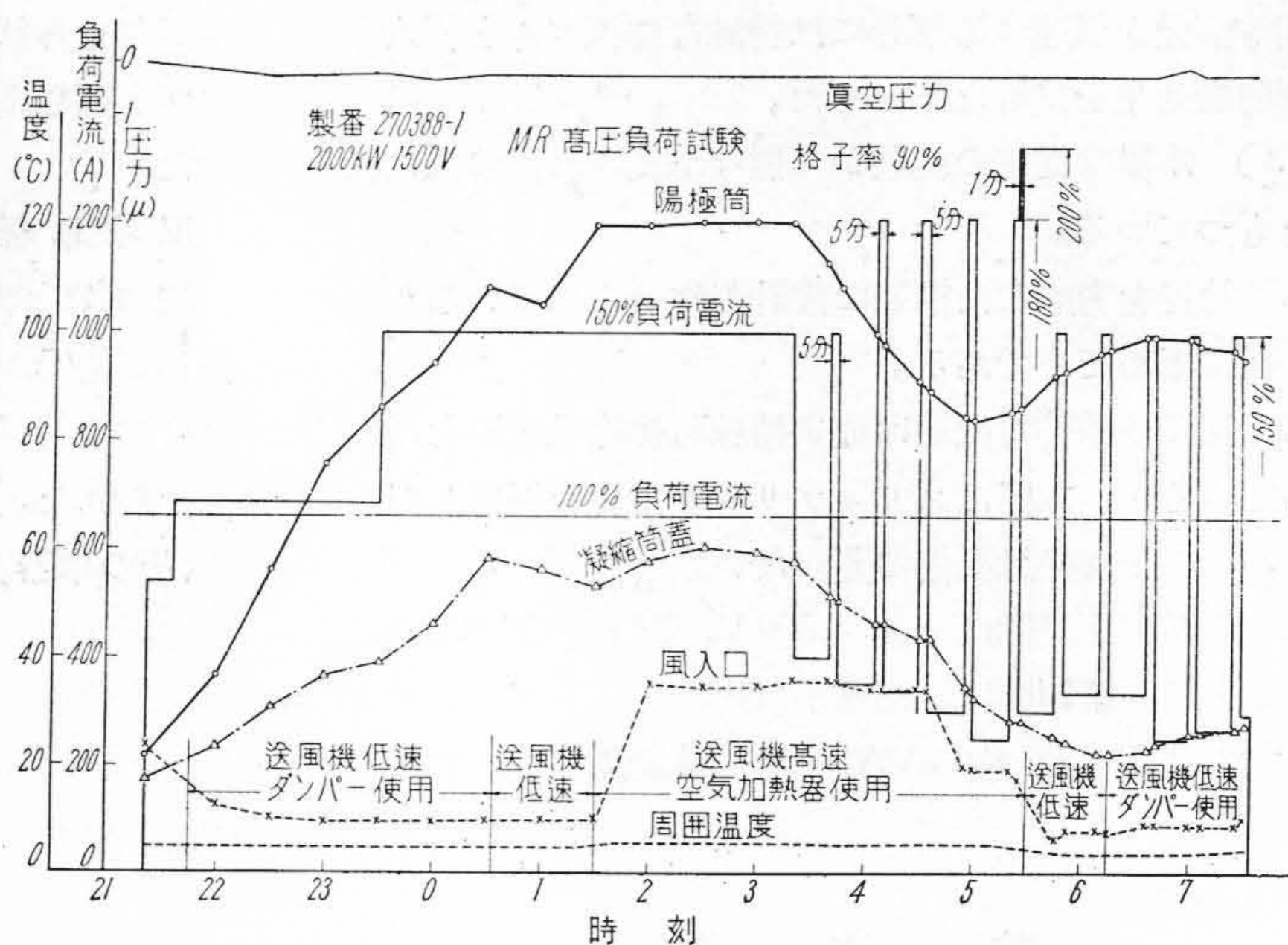
第 27 図 絶 縁 風 洞

Fig. 27. Insulated Air Duct

場試験を完了した。従来風冷式整流器の記録は B.B.C. の 1,800 kW, 1,500 V, SSW, 1,500 A, AEG の 1,500 A, 800 V 東芝の 1,500 kW, 1,500 V 等で、いづれも多極整流器によるもので、上記の風冷単極整流器は共に、今までの記録を上廻るものである。

第 25 図は、日本国有鉄道大井町変電所納 2,000 kW, 1,500 V 重負荷公称定格器の外観を示すものである。本器の構造は、急峻変化負荷に対し、信頼度を重視した結果陽極室と水銀蒸気凝結室とを分離し、対逆弧性を高める構造とした。第 26 図にその断面を示した。その他

1. 陽極その他の封緘は碍子と金属との鑲付による耐熱封緘とした。
2. 陽極室は自然冷却とし、耐熱封緘の使用と相俟つて陽極室温度を高くして、陽極部分損失を放熱せしめ冷却面積の節約を図った。
3. 格子は二重格子とし、熱的電氣的に強固な同心的構造とした。
4. スプラッシュバフルを設け水銀飛沫の陽極室に飛入るのを防止した。
5. 陰極は陰極輝点附着による陰極碍子破損の懼れなき構造とした。
6. 励弧極は特殊な構造とし励弧の安定を図った。
(特許出願中)
7. 絶縁可撓風道を設け陰極部分の点検を容易ならしめた。第 27 図に外観を示した。(実用新案出願中)
8. 冷却扇は共通に 1 箇設け、二段速度とし、陰極加熱器と相俟つて、冷却効果の調整を広範囲に行え



第 28 図 高 圧 負 荷 試 験 (格 子 率 90%)

Fig. 28. Diagram of Load Test at 90% Voltage Control

るやうにした。

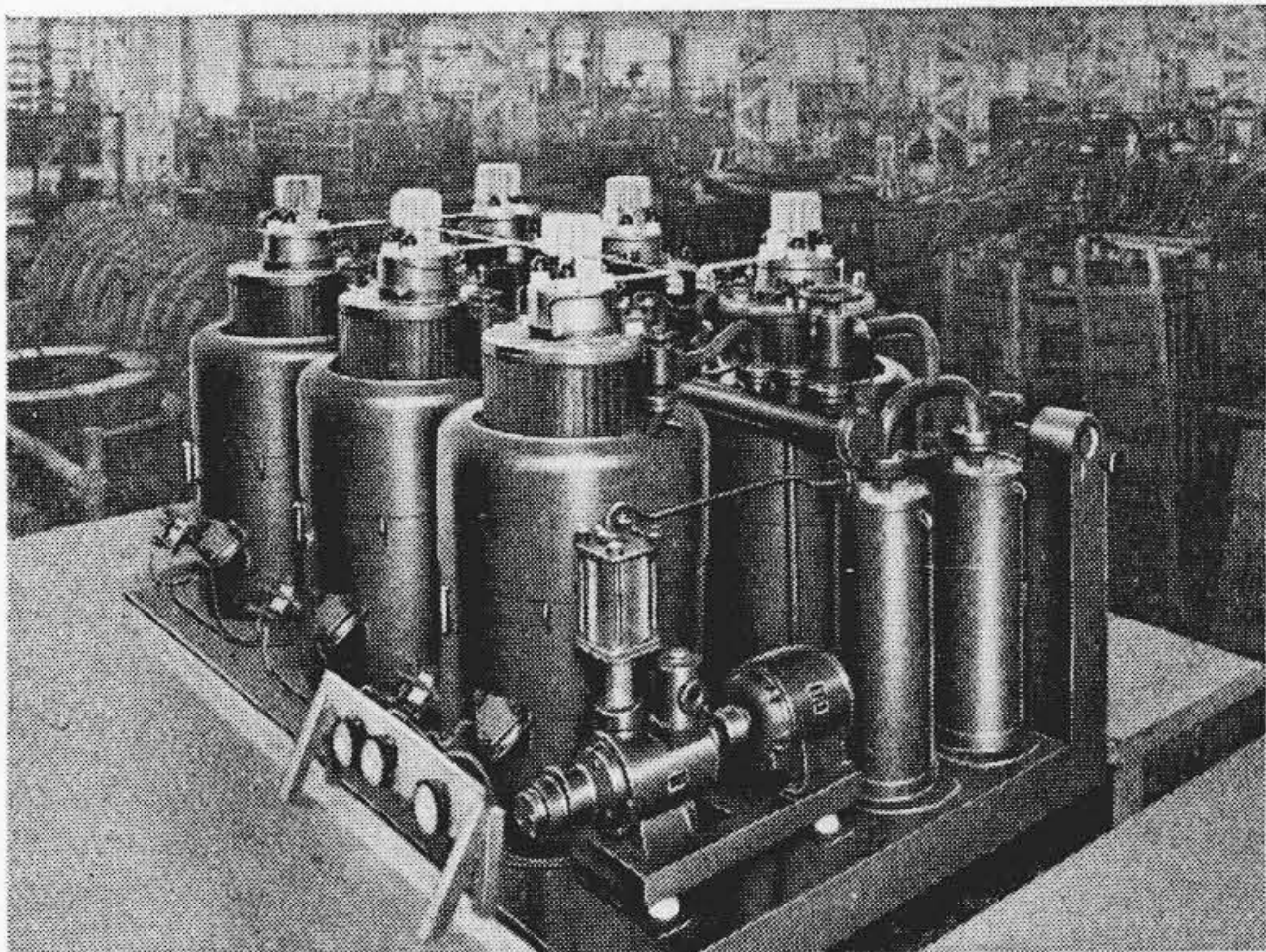
等幾多の特長を有するものであつて、その試験結果は風冷単極整流器の優秀さを実証するものであつた。第 28 図は負荷試験の一例を示すものであつて、夏期冷却空気温度の高い場合の連続過負荷容量の大きい事、冬期冷却空気温度の低い場合の脈動負荷に対し、異常電圧、電弧不安定等の危惧のない事を示している。又、風冷式整流器に於て問題となる停電時の各部温度上昇の異常及び再起動時の支障のない事も確認せられた。

本器は運転開始以来、水冷単極整流器と併列運転を行い、盛夏を経過した現在に到るまで、殆ど無事故であつて、水冷単極整流器に比し、信頼度に於ても遜色ない事を実績を以て示している。

本器と略同一構造、同仕様のものが、名古屋鉄道矢作変電所に納入せられ、7 月以来同じく好調な運転を続けている。

2,000 kW, 1,500 V 器の完成に引続き、その試験結果の詳細なる検討と、他器種による予備試験の結果とから 3,000 kW, 1,500 V 重負荷公称定格器の製作が可能であるとの確信を得て、製作を行つた。本器の外観を第 29 図に示した。本器は 2,000 kW 器に比し、次の如き改良進歩が加えられている。構造に於ては陽極を器槽内部に納めた点が最も変つた点であるが、水冷単極整流器の一般構造と異り、陽極室を器槽上部に突出せしめ、陽極室を水銀蒸気室から離れた 2,000 kW 器の構造の利点をそのまま残し、風冷式に適當したものとした。

封緘部は陽極重量の増大に対応して、耐熱ゴムと碍子



第29図 3,000 kW, 1,500 V 風冷単極整流器
Fig. 29. 3,000 kW, 1,500 V Air-Cooled Single Anode Mercury Arc Rectifier

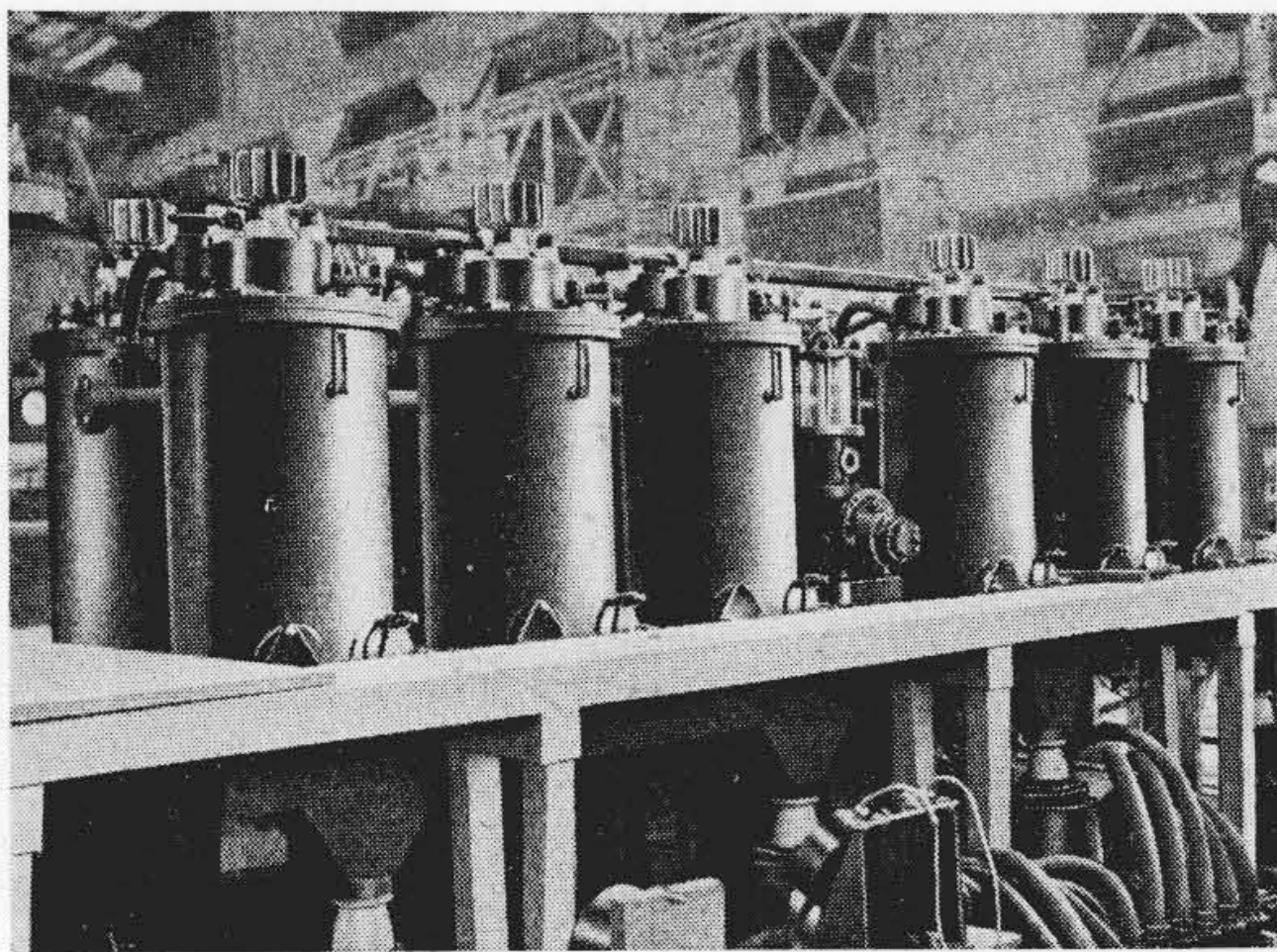
による構造とし、機械的に堅牢なものとした。冷却扇は各槽毎に1箇設け、冷却扇構造を特殊構造として、整流器高さの増大を防止すると共に、極めて巧妙な方法により取付取外しの容易なるようにし、グリース注入等も簡便に行えるようにした(実用新案出願中)。その他陽極加熱器陰極加熱器の加熱素子をシーズ線とし、ニクロム線の酸化による断線の如き心配がないものとした。その試験結果は別に紹介する予定である。

その他静岡鉄道中吉田変電所納 600~750 V, 500~625 kW 公称定格器を始め、工場設備用をも含め昭和 27 年中に納入済又は製作、試験中のものは 10 台、22,000 kW に及んでいる。

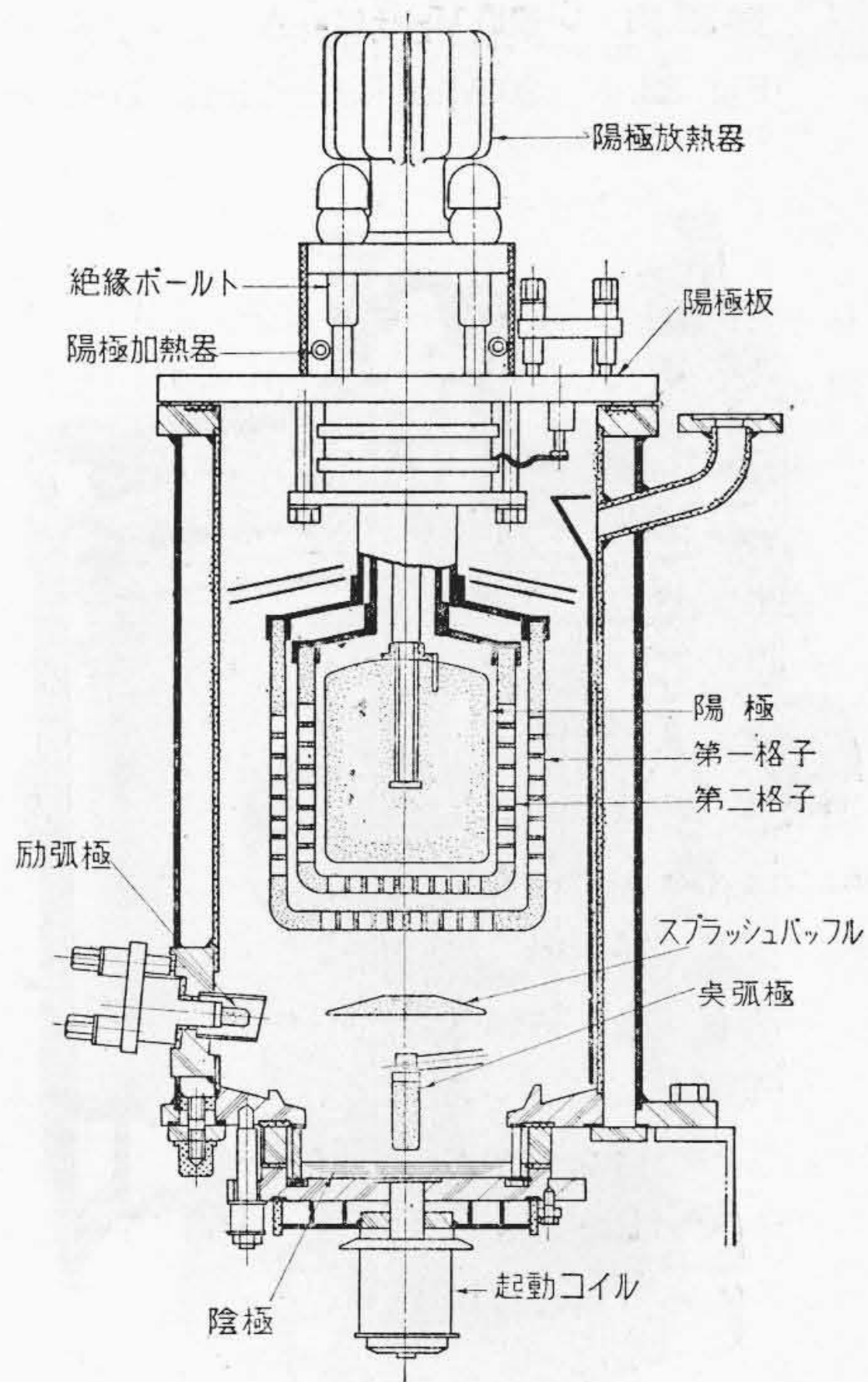
水冷単極水銀整流器

水冷単極整流器は化学工業用として、同和鋁業小坂鋁業所納 2,100 kW, 525 V, 4,000 A 連続定格のものを製作納入した。本器の外観を第30図に示した。本器は昨年製作納入した東邦亜鉛安中精錬所納 2,000~1,000 kW, 500~250 V, 4,000 A 連続定格器と同じく亜鉛電解用であるが、後述の定電流装置が附属せしめられている他、次の諸点に於て改良が加えられている。

1. 陽極加熱器を新型とし、加熱素子をシーズ線とした。
 2. 冷却水套部分はすべて掃除可能とした。その構造を第31図に示した。(実用新案出願中)
 3. 器槽をベース上に載せ締付ける事により、冷却水系が完成し、別に冷却配管の接続を必要としない構造とした。(実用新案出願中)
 4. 整流器ベースを2分割し、輸送及び据付の便をはかった。
 5. 据付床面積を 90% 重量を 85% に軽減した。
- 又、最近化学工業の進歩に伴い、全電流、単位電流が

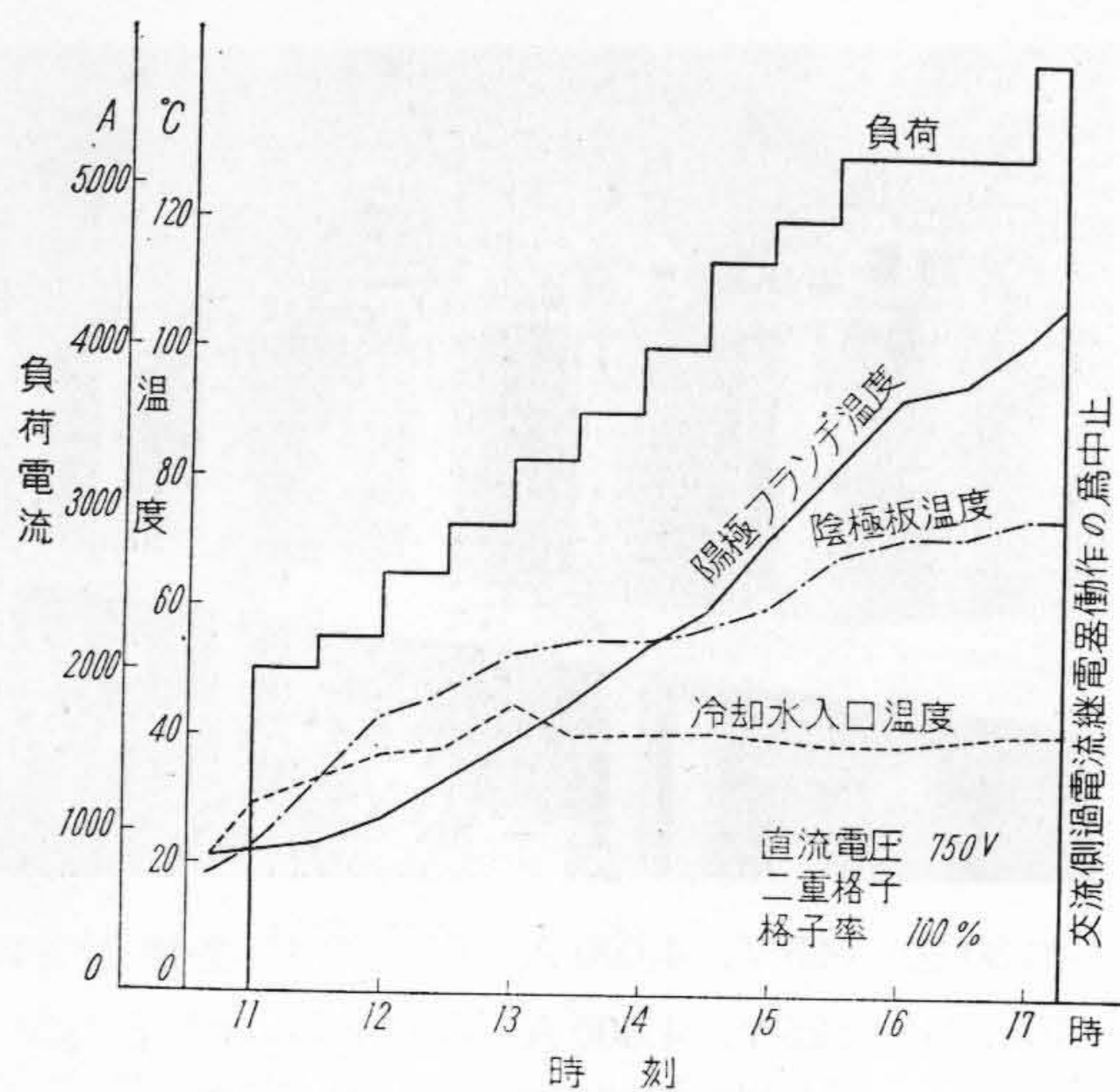


第30図 525 V, 4,000 A 水冷単極整流器
Fig. 30. 525 V, 4,000 A Water-Cooled Single Anode Mercury Arc Rectifier

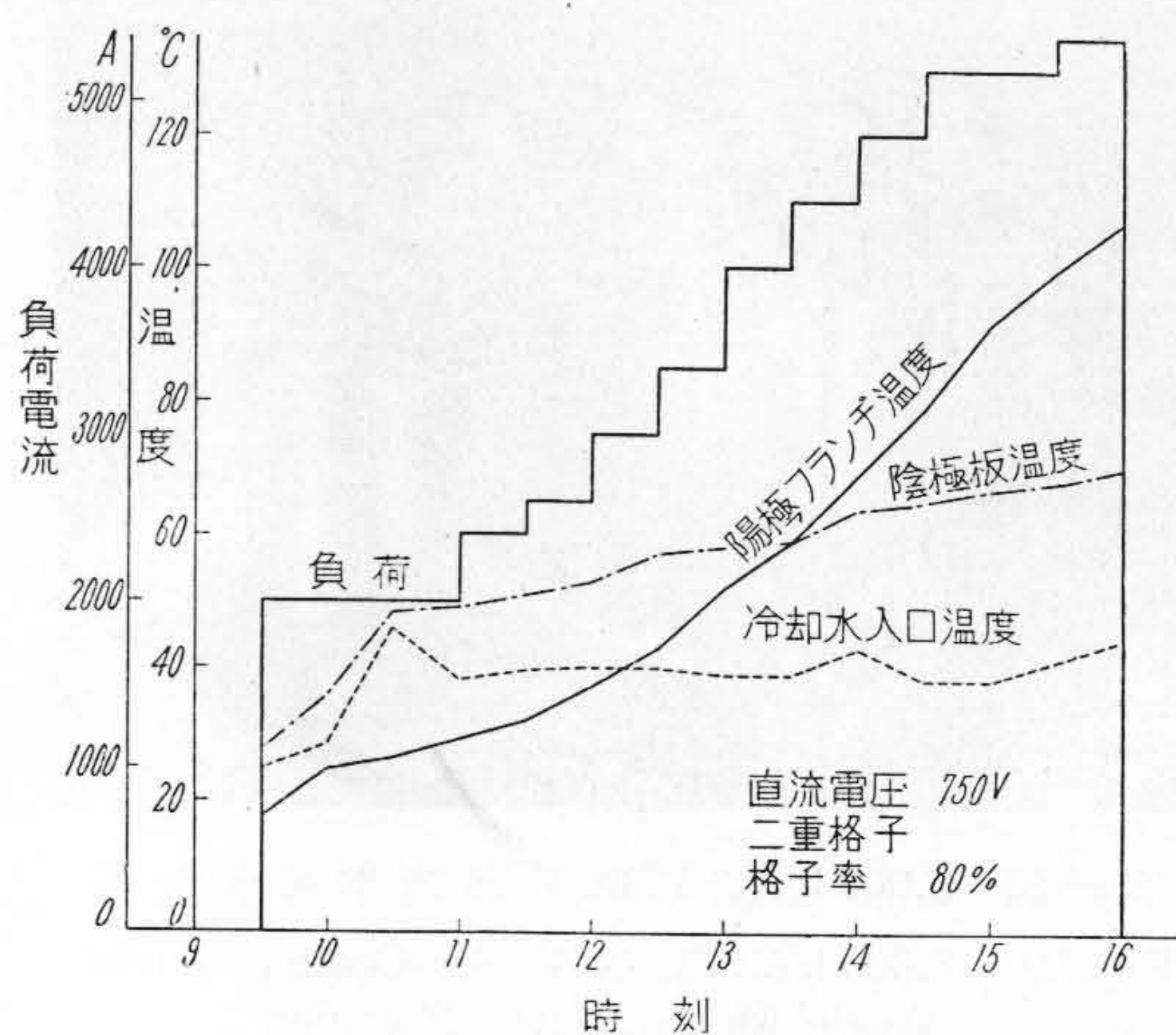


第31図 [水冷単極整流器単槽断面図]
Fig. 31. Sectional View of Water-Cooled Single Anode Mercury Arc Rectifier Tank

増加しつつあるが、これに応ずる整流器の単器容量増大の要求に対し、6 タンクにて 600~800 V 級 5,000 A 連続定格器の試作研究を進めて来たが、その試験の結果、信頼度に於ても、温度上昇その他に於ても、何等心配なく、十分製作可能である事を確かめ、単器容量の製作可能の限界に対する1回答を与えた。第32図はその負荷試験の一例を示すものである。



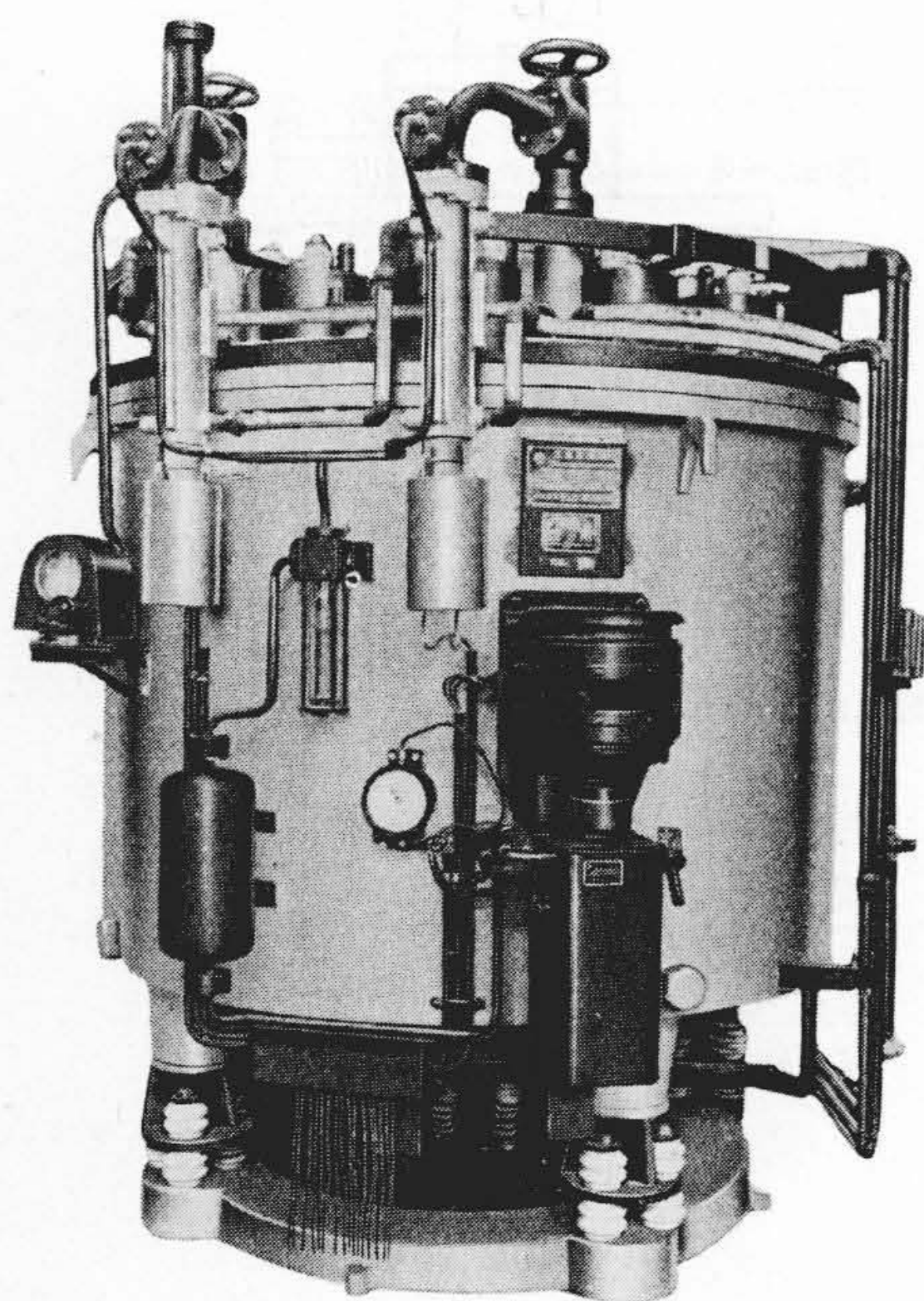
(A)



(B)

第 32 図 600 V, 5,000 A 連続定格単極整流器 30 分間負荷耐量試験

Fig. 32. 30 Min Load-Limit Test on 600 V, 5,000 A Single Anode Mercury Arc Rectifier

第 33 図 1,500~2,000 kW, 600~1,500 V
水冷多極整流器Fig. 33. 1,500~2,000 kW, 600~1,500 V Multi
Anodes Mercury Arc Rectifier

一方電鉄用では、日本国有鉄道豊橋変電所納 2,000 kW, 1,500 V 重負荷公称定格器を製作中である。本器は昭和 25 年に納入した日本国有鉄道大井町変電所納の同一仕様のものに比較すれば、面目を一新し、上述の同和鋳業納 2,100 kW 器と同様の改良進歩が加えられている他、重量に於て 80% 据付床面積に於て 77% に軽減せられて

いる。本器は風冷式再冷器を使用する循環水冷方式のもので、循環水温度 40°C に於て十分なる信頼度を有する設計となつている。水銀ポンプは後述の純風冷型のものを使用し、水銀ポンプ冷却関係機器の節約を図り、且つ腐蝕の心配をなくした。又循環水はその水温により、風冷式再冷却器の冷却扇、貯水槽の温水器の起動停止を自動的にに行い、水温の自動調整を行うようにした。

水冷単極整流器は上述のもの他製作試験中のものを含め、5 台、容量に於て 12,000 kW に達する。

水冷多極水銀整流器

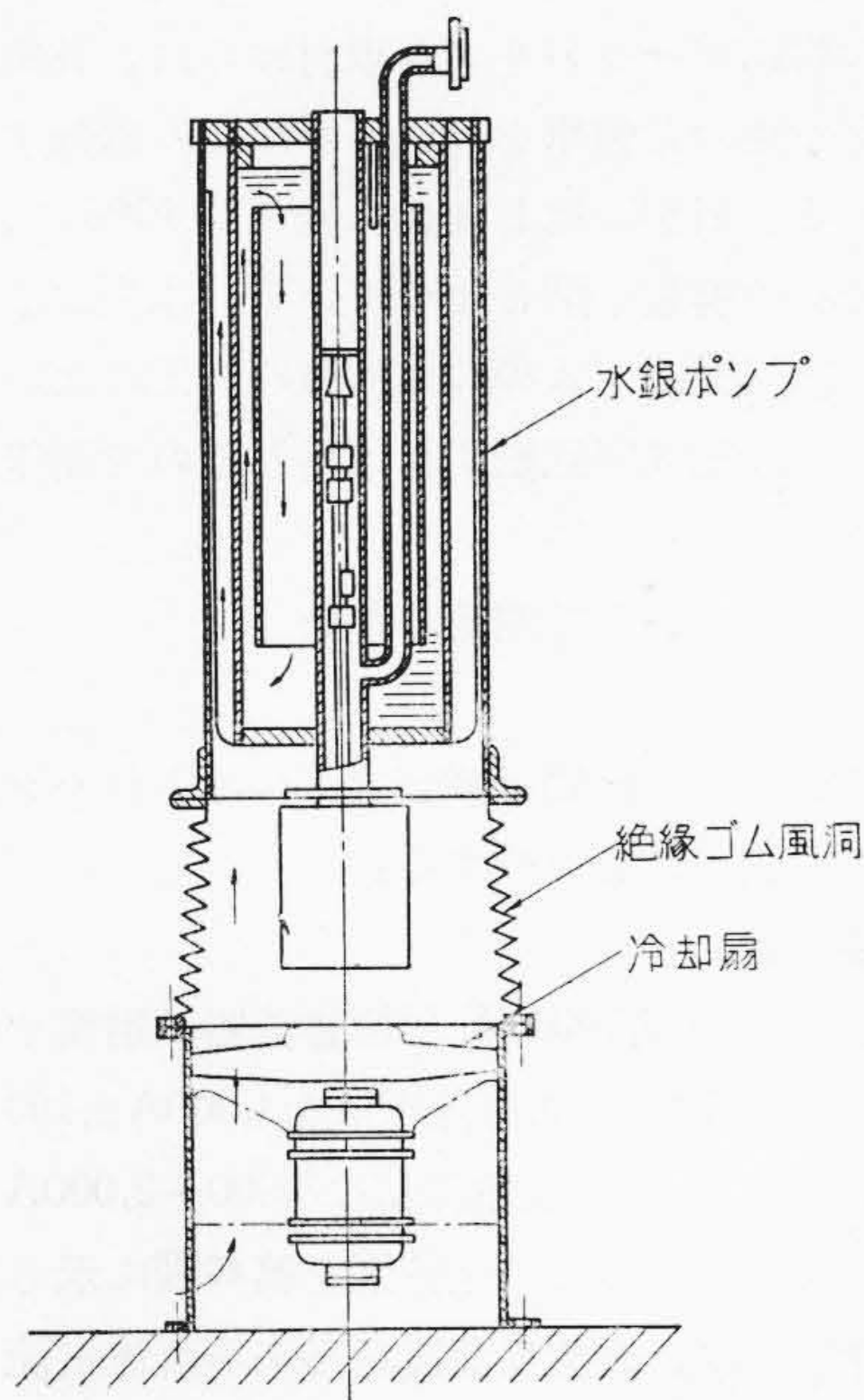
水冷多極整流器は略完成に近い機種であるが従来の型に比して種々改良されたものが昭和 27 年には東京急行電鉄武蔵新田変電所に納入された。機器容量は 1,500 V, ~2,000 kW 重負荷公称定格器で目下好調に運転している。本器の外観を第 33 図に示した。

排気装置及び真空計

(1) 水銀ポンプ

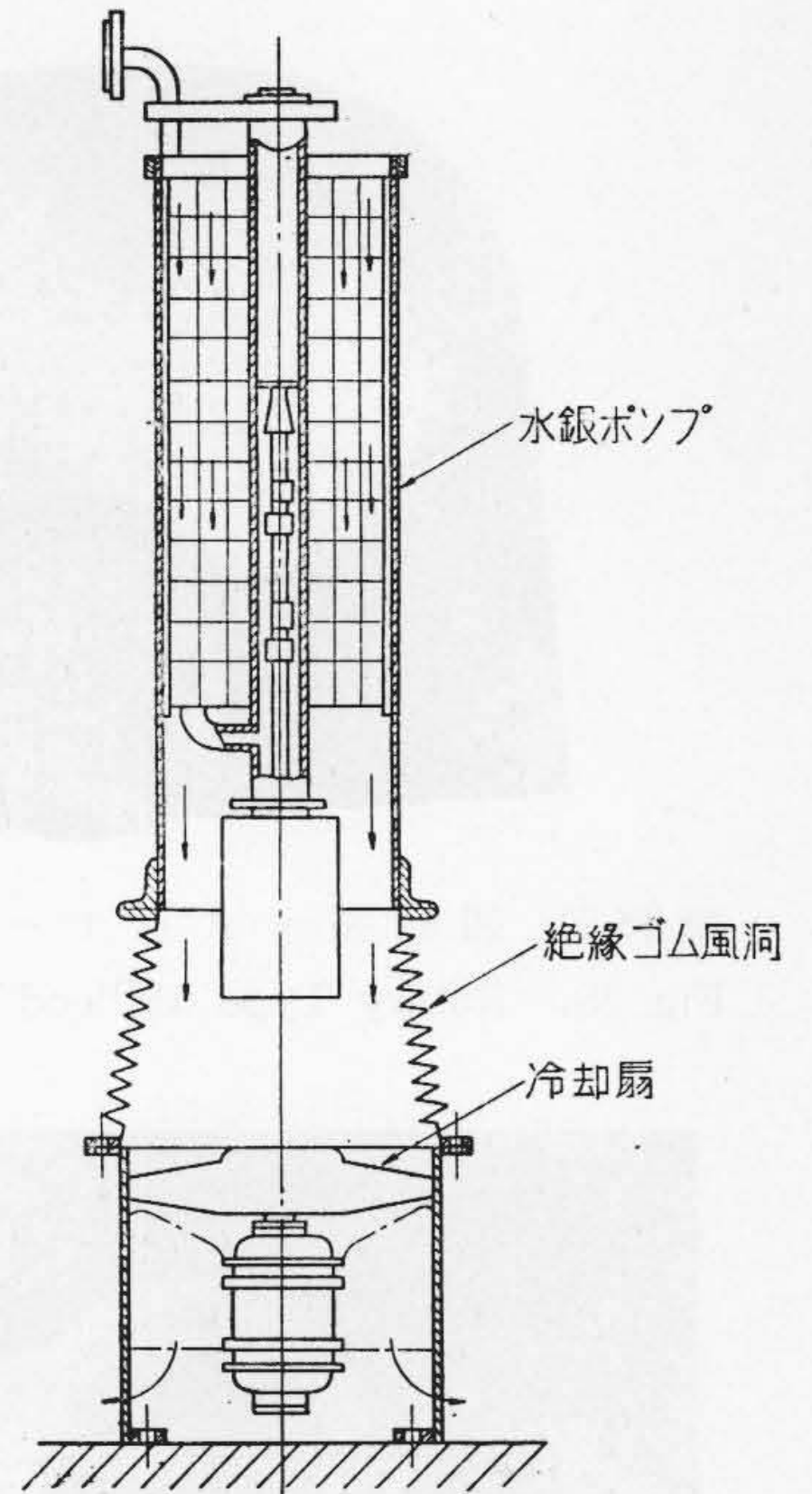
風冷式整流器用として昨年来研究試験を続けて来た密閉型及び純風冷型の両型の風冷式水銀ポンプは、共に十分なる排気速度を有し、昭和 27 年度には製品化せられ納入せられている。

即ち、第 34 図に示す如く水銀ポンプ冷却水套が風冷式再冷器を兼ねる密閉型風冷式水銀ポンプは冷却水の補充を殆ど必要としない事及び熱容量が大であるから停電時水銀逸出の心配がない利点を有しているが、本型のは前述の日本国有鉄道大井町変電所納及び名古屋鉄道矢作変電所納 2,000 kW 風冷単極整流器に附属して納入せられたが、前者にあつては運転開始の 5 月以来現在に到



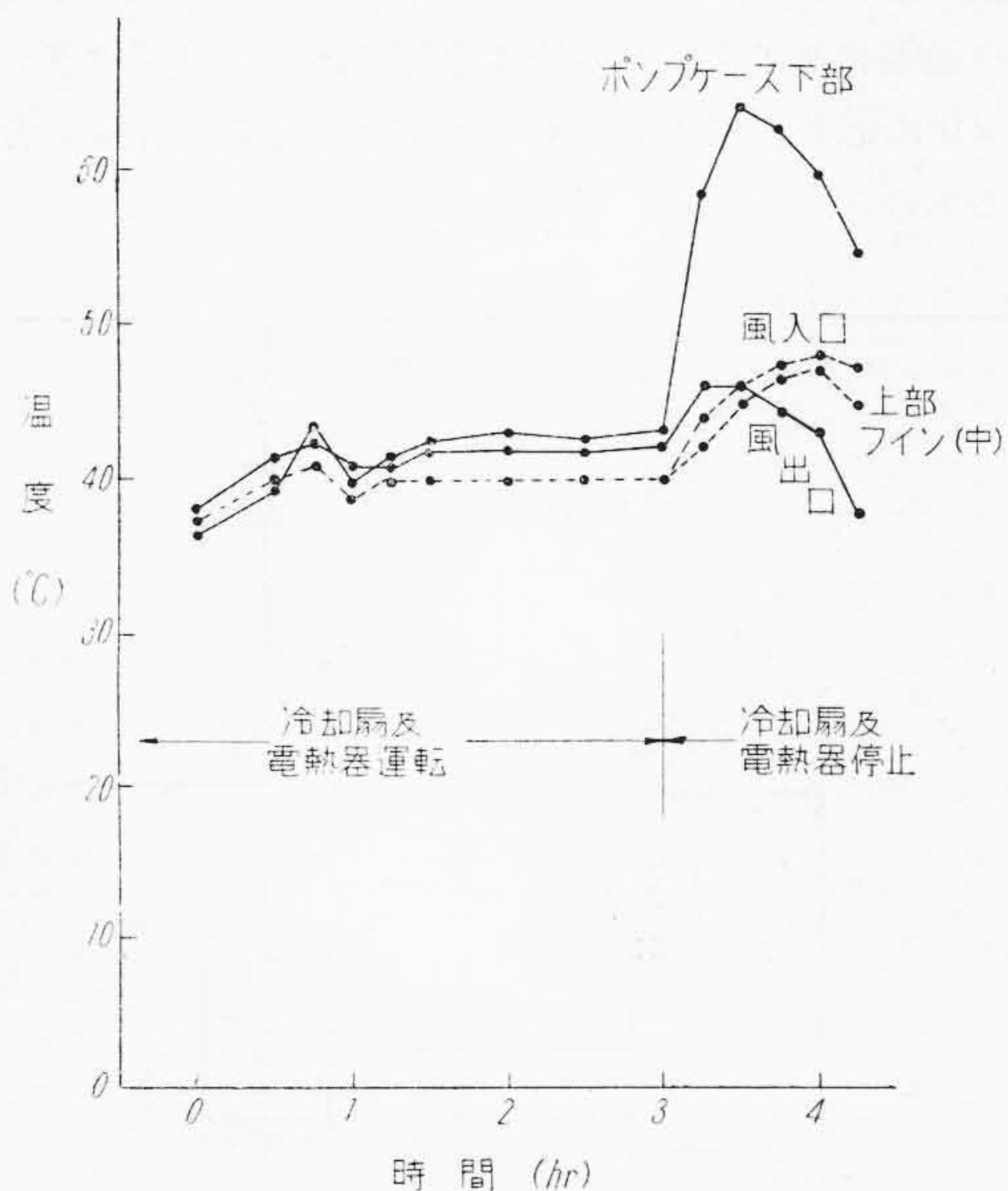
第 34 図 密閉型風冷式水銀ポンプ

Fig. 34. Air-Cooled Cooling Water Sealed Type Mercury Vacuum Pump



第 35 図 純風冷式水銀ポンプ

Fig. 35. Perfect Air-Cooled Mercury Vacuum Pump



第 36 図 停電時に於ける純風冷型風冷式水銀ポンプの温度上昇試験

Fig. 36. Temperature Test of Perfect Air-Cooled Mercury Vacuum Pump, at Electric Current Failure

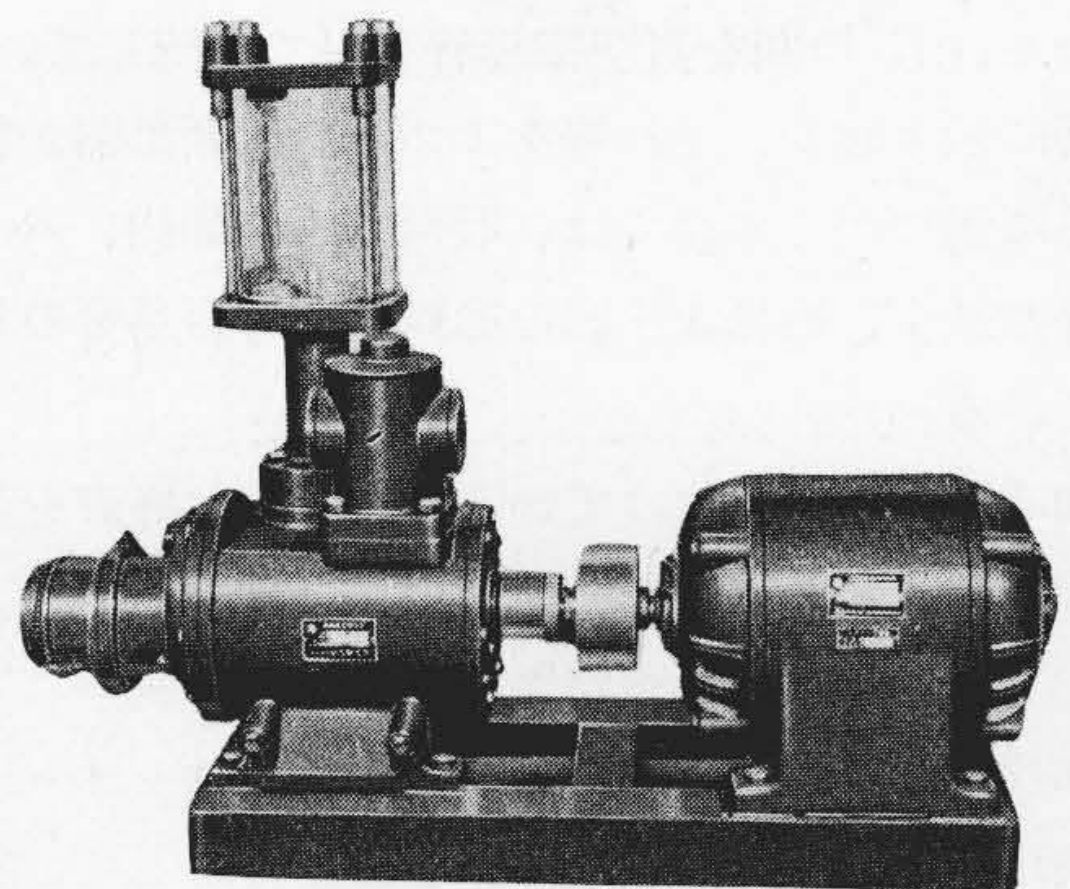
る 4 箇月間一滴の補給をも必要としなかつた実績が得られている。第 35 図に示す如き、銅製の冷却片のみにて全然水を使用しない純風冷型風冷式水銀ポンプは、当初心配せられた停電時の水銀逸出は、停電時の温度上昇試験

及び数十回の停電操作反覆試験に於て、その心配なき事が確認せられたので、腐蝕の心配のない本型が密閉型に代つて標準として製作せられている。第 36 図に停電時の温度上昇試験の結果を示した。

風冷式水銀ポンプは夏期冷却空気温度が高くなる結果従来の水冷式水銀ポンプに比し、作温度が高くなる事は避けられない。従つて、長時日の間には水銀が徐々に逸出する事が考えられる。これに対し水銀逸出防止装置の試作研究を続けて来たが、満足すべきものが得られ製品化せられた。本装置は水銀ポンプ上部に設けられた水銀凝結室があつて、逸出して来た水銀を凝結還流せしめる構造のものである(実用新案出願中)。

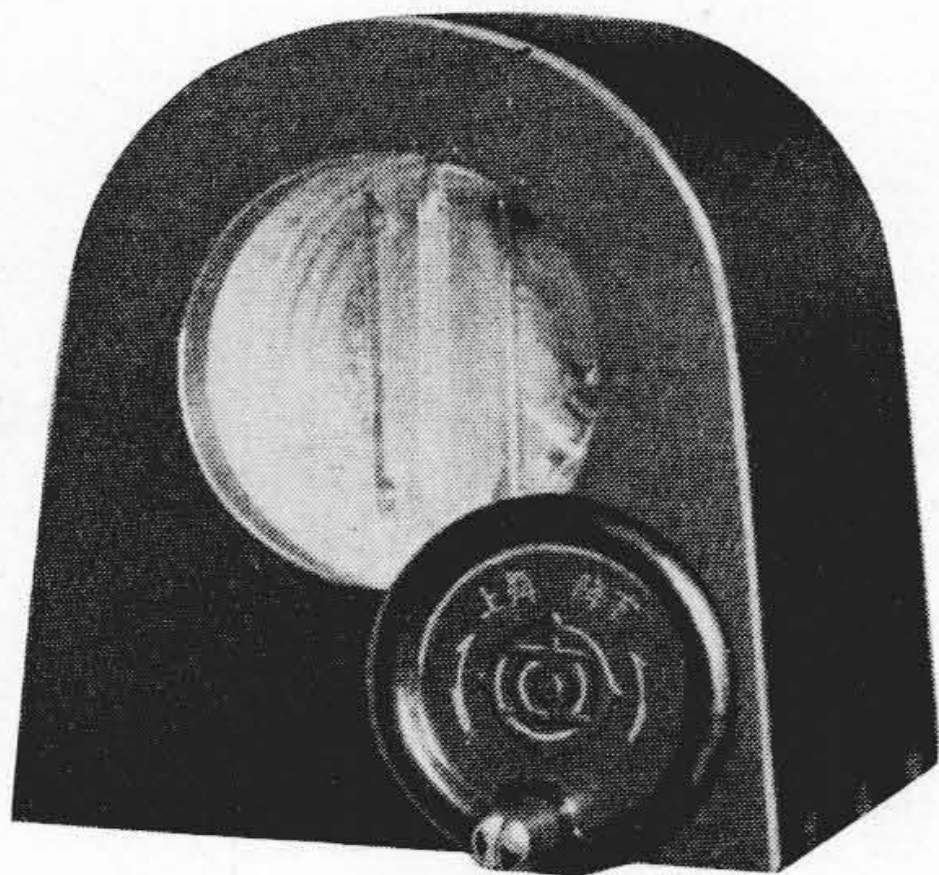
(2) 回転真空ポンプ

従来、回転真空ポンプ、リザーバー、油トラップは別

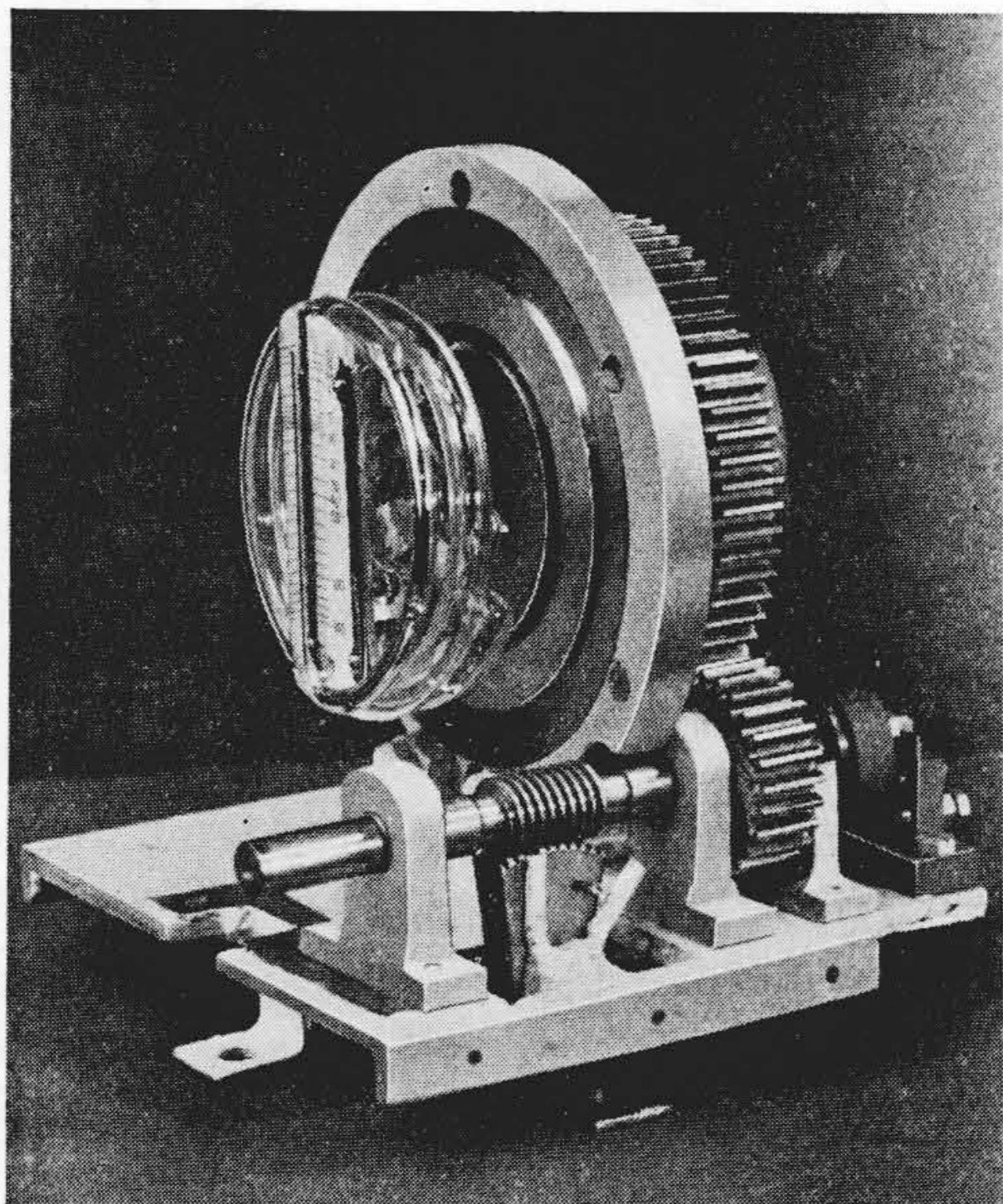


第 37 図 新型回転真空ポンプ

Fig. 37. New Style Rotary Vacuum Pump



第 38 図 回転型マクレオード真空計
Fig. 38. Rotary Type Mc'leod Vacuum Gauge



第 39 図 回転型マクレオード真空計の内部構造
Fig. 39. Internal Construction of Rotary Type Mc'leod Vacuum Gauge

個となり、相互の間を真空接続管を以て接続していたが、第37図に示す如く、これ等を1体とした新型器が製作せられるに到つた。本型では、取付場所の節約、パツキング部分の減少、絶縁変圧器の節約、保守容易等の利点を有している。

昭和 26 年度来取付けている消音装置は好評を得ており、現在消音装置付が標準となつている。

(3) マクレオード真空計

昭和 26 年来製作中であつた回転型マクレオード真空計が実用試験を終り、27 年度には標準型として、実用化せられつゝある。本型の外観及び内部構造を第37, 38図に示した。本型はゲージバルブを廻転する事により、真

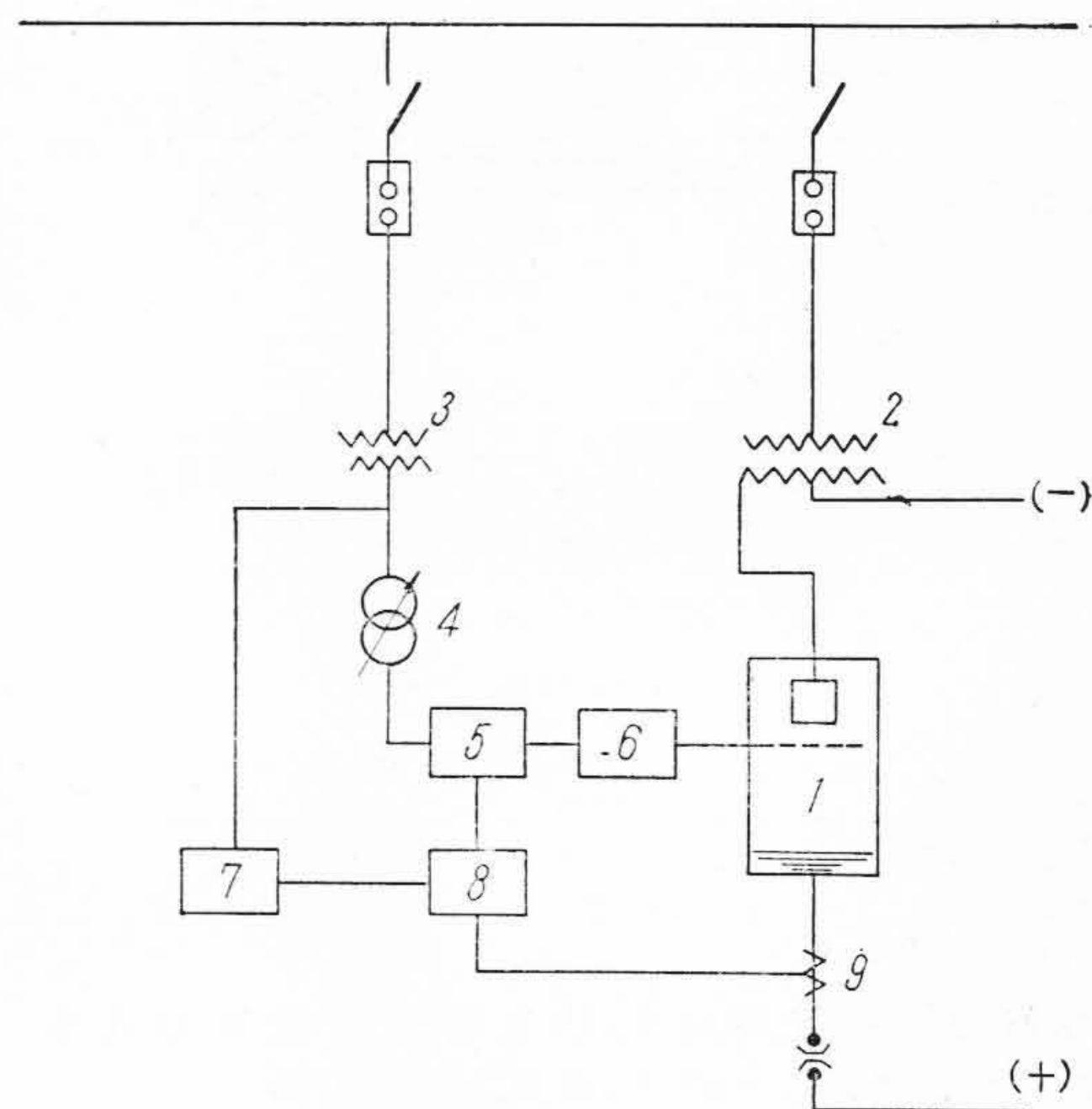
空測定を行うものであつて、非磁性の真空容器中に収められた永久磁石の軸にゲージバルブが取付けられ、外側に設けられた磁路を兼ねた歯車をハンドルにより回転する機構のものである。旧型に比し高さに於て約 40% に、重量に於て約 40% の軽量小型となつている。本型は

1. 水銀が直接空気又はゴム等にふれぬので汚れない
2. ゲージバルブは約 3 回回転すれば足りるので測定操作が早い
3. 水銀柱の動揺がないので測定し易い
4. 漏洩が少い

等の利点を有している。又自動点滅装置がつけられハンドル操作により、照明電球を点滅する。

定電流装置

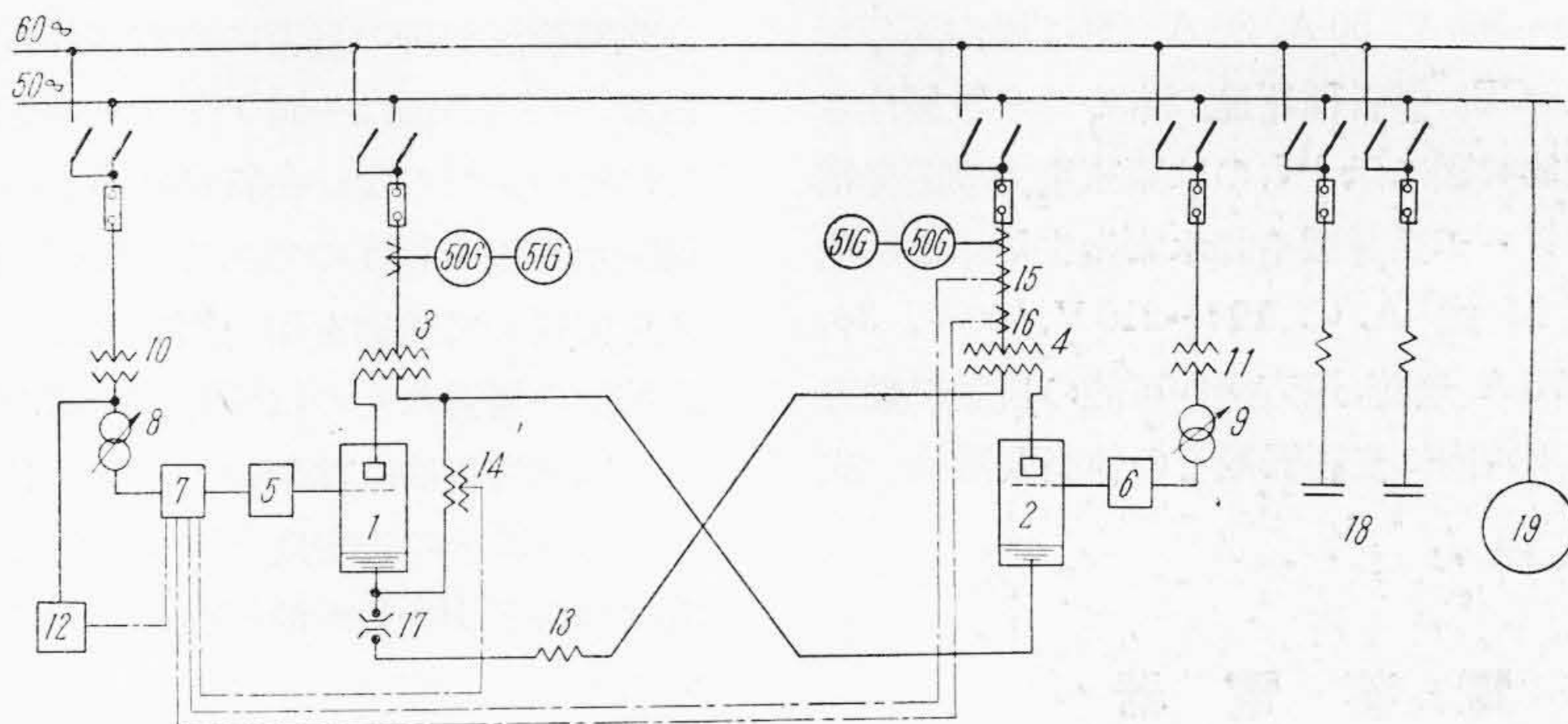
同和鋳業小坂鋳業所納 2,100 kW 単極整流器に附属する定電流装置は、精度 2.5% 即ち直流電流を $4,000\text{A} \pm 100\text{A}$ に保つものであつて、この調整電流値は 3,000~2,000A に調整する事が出来る。本装置の結線図を第40図に示した。本装置の動作原理は、直流変流器から来る直流電流に比例した信号電流と、定電圧電源から来る一定の基準電流の差を、磁気増巾器にて増巾し、その出力を移相装置の過飽和リアクトルの励磁巻線に流し、リアクタンスの変化に応じ、格子変圧器一次電圧位相を変化せしめるのである。



- | | |
|--------------|-----------|
| 1. 水銀整流器 | 6. 格子制御装置 |
| 2. 水銀整流器用変圧器 | 7. 定電圧電源 |
| 3. 制御電源変圧器 | 8. 磁気増巾器 |
| 4. 誘導型移相器 | 9. 直流変流器 |
| 5. 移相リアクトル | |

第 40 図 定電流装置結線図

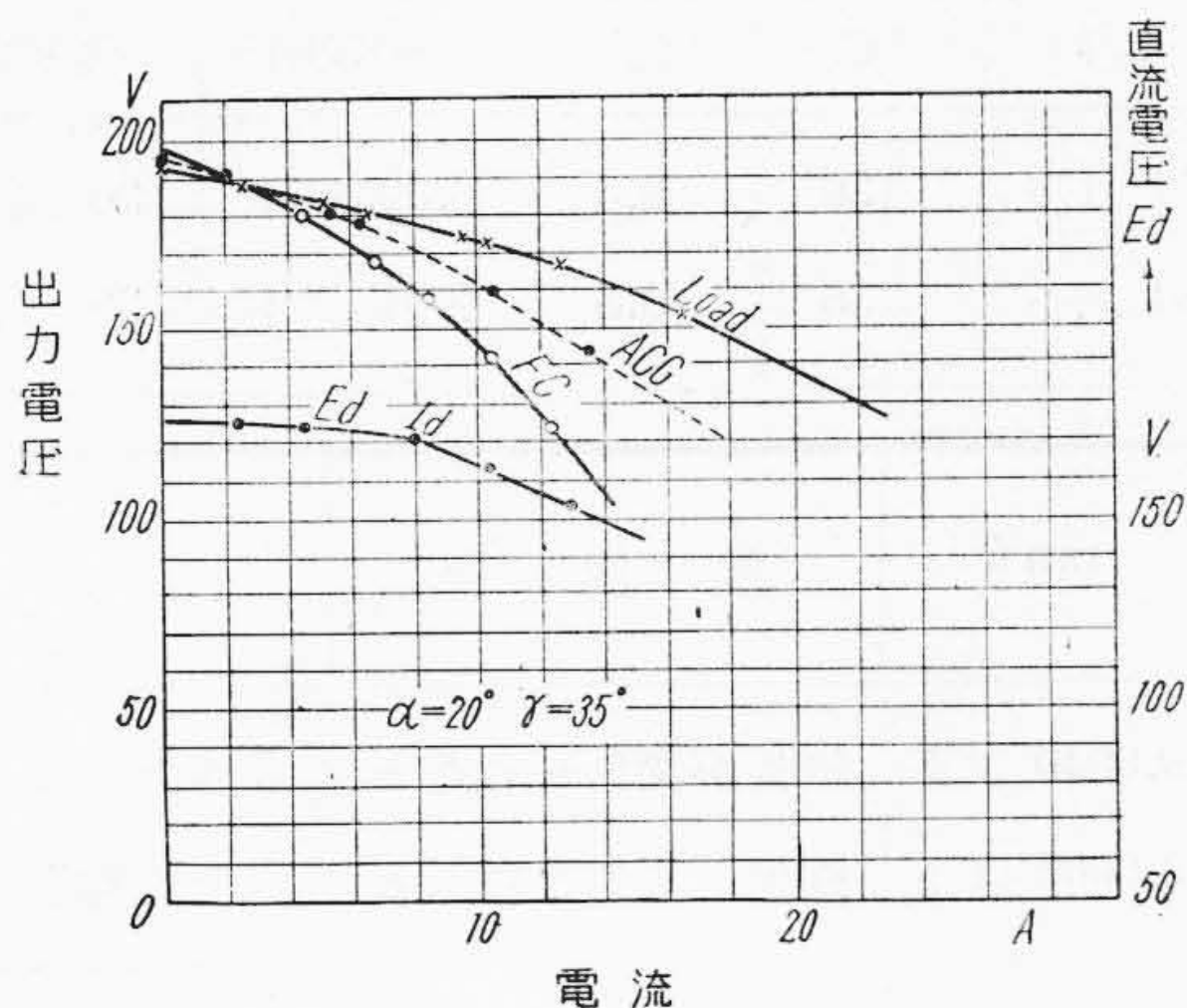
Fig. 40. Schematic Diagram of Constant Current Device



- | | | |
|-----------------|-------------------|------------|
| 1. 水銀整流器 | 8. 整流器用誘導型移相器 | 15. 不飽和変流器 |
| 2. 水銀インバータ | 9. インバータ用誘導型移相器 | 16. 過飽和変流器 |
| 3. 整流器用変圧器 | 10. 整流器用制御電源変圧器 | 17. 高速度遮断器 |
| 4. インバータ用変圧器 | 11. インバータ用制御電源変圧器 | 18. 静電蓄電器 |
| 5. 整流器用格子制御装置 | 12. 定電圧直流電源 | 19. 並列発電機 |
| 6. インバータ用格子制御装置 | 13. 直流リアクトル | |
| 7. 移相リアクトル | 14. 直流変成器 | |

第41図 周波数変換装置に於ける尖頭負荷制限

Fig. 41. Peak Load Limiting of Frequency Changer



第42図 周波数変換装置に於ける尖頭負荷制限 (実験結果)

Fig. 42. Peak Load Limiting of Frequency Changer

本装置は電気接点、機械的可動部分を有せず、純電氣的に移相を行わしむるので

1. 速応性が高い
2. 信頼度が高い
3. 調整保守が容易である

等の利点を有している。

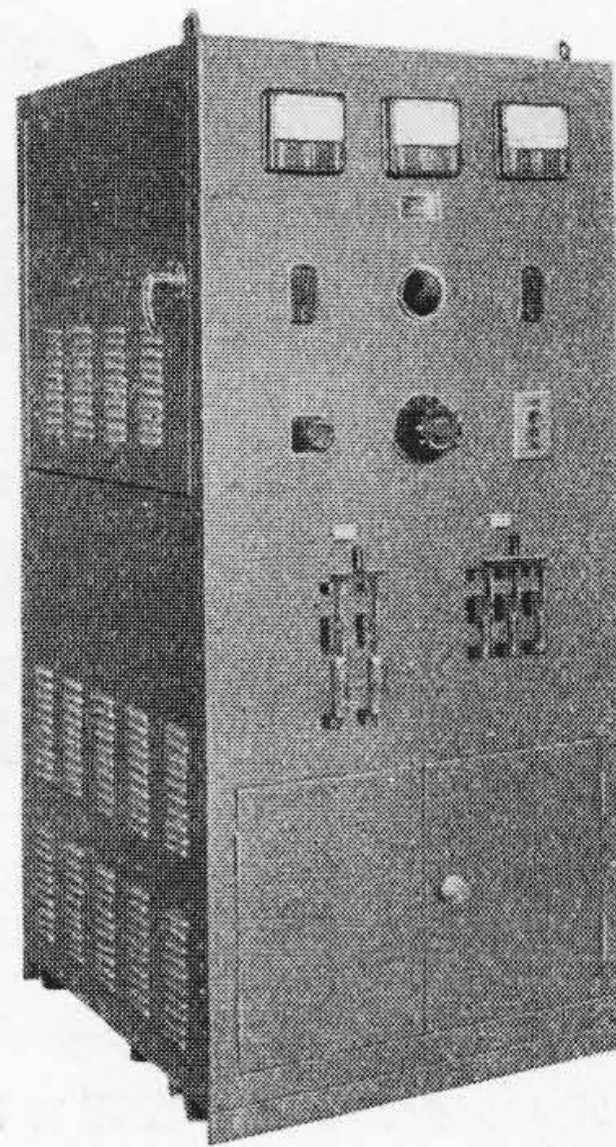
新尖頭負荷制限方式

尖頭負荷制限の応用分野は広く、昭和 26 年に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、その一方式である。この方式は尖頭負荷制限値以下に於ては格子位相は整流器を格子制御しない場合の転流点よりも進んでいる。従つて、他の用途に於て制御量が2箇以上ある場合、即ち尖頭負荷制限の他に別の自動制御を行

わんとする場合には上記方式は使用出来ない。これに対し、新しい方式が考案せられている。それは第41図に示す如く、過飽和変流器と不飽和変流器を使用する方式であつて(特許出願中)、周波数変換装置に於て転流失敗防止の目的で本方式を使用した場合の実験結果を第42図に示した。

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

グラインバー整流装置(ガラス製水銀整流装置)は標準の OCB 投入用 CE 型 S 式(D.C. 125 V, 10 A 連続 110 V, 150 A 瞬時)及び浮動式蓄電池充電用 CE 型

第43図 グラインバー整流装置
Fig. 43. Glainver

BTF 式 (D.C. 90~160 V, 50 A, 30 A) 更に操作部分を配電盤に取付けた CE₀ 型各種用途のもの等多数製作された。これらの内第43図に示すものは東京電力潮田発電所納 62,500 kVA ターボ発電機冷却水素発生用水電解槽の電源で、CE 型 M 式 A.C. 190~210 V, 50~, 3φ, D.C. 40~120 V, 75 A 連続、遠方操作可能の自動起動方式とし、キュービクル内に変圧器類その他必要器具一式を内蔵している。

静電蓄電器

Static Condenser

静電蓄電器の電氣的性能は、クラフト紙、蓄電器油及

び真空乾燥処理の良否に左右されることは周知の通りである。蓄電器油は一時アドソール処理を行つたが、現在ではその必要のない品質良好のものを入手し、これに脱気脱水処理を行うのである。最近では更にガラスフィルタを使用して処理を尙一層完全なものとしている。電氣的特性の優秀なものは兎角、精製過度になりやすいが、これは蓄電器油には禁物であり、日立安定度試験法により、十分にその安定度を確かめている。第2表は日立蓄電油規格と JIS-1 号油規格を参考のために並記したものである。

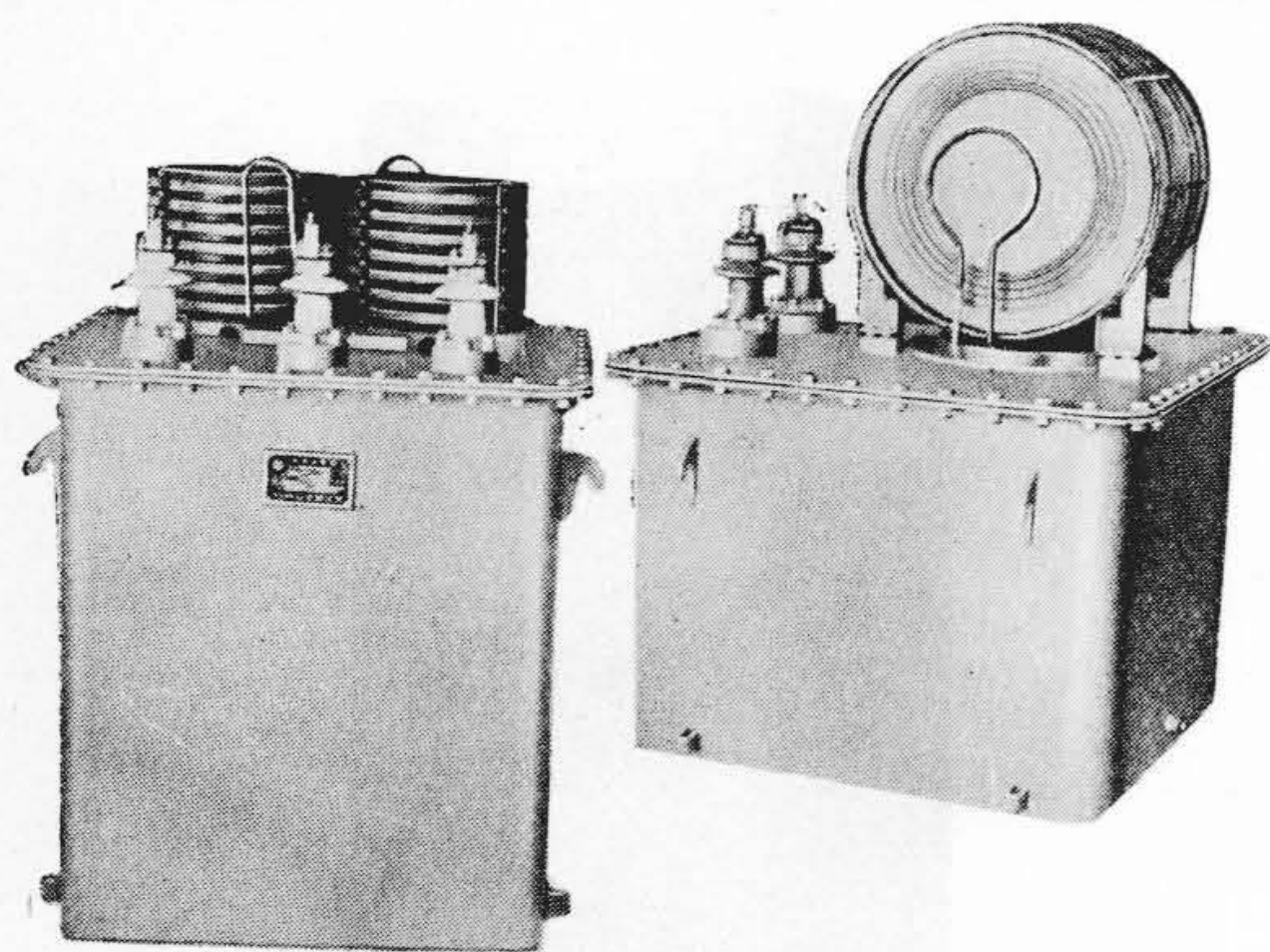
中身の真空乾燥に際しては、MΩ-μF 及び静電容量を測定して乾燥完了の時期を判定して作業管理を行つてゐるので、製品の特性は均一である。

第 2 表 日立蓄電器油規格と JIS-1 号油規格の比較

Table 2. Comparison of Hitachi Condenser Oil and the Oil on JIS-1 Standard

	比 重	粘 度			凝 固 点	引火点	蒸発量	全 酸 価	絶縁耐力
	15/4°C	20°C	50°C	70°C	(°C)	(°C)	(%)	(mgKOH)	(kV)
J I S—1 号	0.91 以下	120	50	40 以下	—30 以下	130	0.4	0.02 以下	30 以上
日立蓄電器油	0.91 以下	100	50	38 以下	—30 以下	135	0.3	0.01 以下	30 以上

絶 縁 抵 抗	安 定 度	沃 素 価	tan θ	腐 蝕 性	
(Ω-Cu) at 50°C					
1×10 ¹⁴ 以上	140°C 20 hrs で 全酸価 0.1 以下 120°C 30 hrs で、スラッジ 0.05% 以下、酸価 0.03 以下	8~15	0.0010 以下	銅板が変色せぬこと	J I S—1 号
1×10 ¹⁵ 何上		8~15	0.0005 以下	銅板が変色せぬこと	日立蓄電器油



第44図 横型配置(左) 縦型配置(右)

フィーディングタンクを設置せるコンデンサ

Fig. 44. Capacitor with Horizontal Type Feeding Tank (left) and with Vertical Type Tank (right).

フィーディングタンクは従来の 300φ 横型配置をやめ 450φ の大型セルの縦型配置を新標準とした。セルはその品質管理を強化することにより、全然油洩れの問題はなくなつた。第44図は新旧フィーディングタンクを設置したコンデンサの写真である。

第45図は内部温度分布測定のために試作せる 417kVA 3,180 V (回路電圧 22 kV) 50~, 単相、電力用コンデンサの温度試験中の写真である。温度上昇試験の結果、カバー上は 24°C, タンク上部は 22°C, 中部 20.5°C, 下部 16.5°C の温度上昇を示した (周囲温度 25.5°C)。内部の上段エレメント群の温度上昇は場所により相異なるが、最高点で 38.5°C, 最低は 29°C, 下段エレメント群の最高は 34.5°C, 最低は 25.5°C である。本器を 600 kVA で連続運転したが何等差支えなかつた。

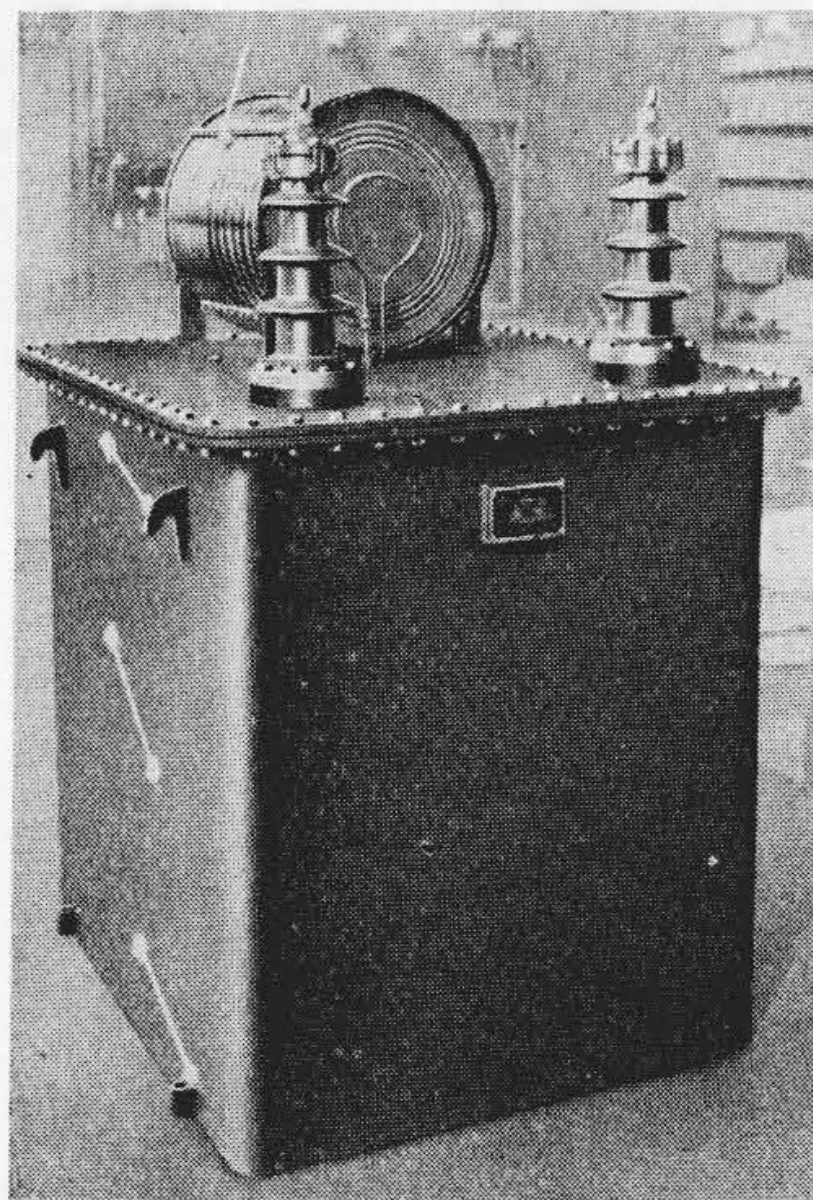
但しこの場合器壁温度上昇は JEC-61 の限度 25°C を

若干超過するが、コンデンサでは内部の最高温度が問題であり、この点からは実用上何等問題ないので、単器 500 kVA 程度の大容量器も、製作し得るわけである。

昭和 27 年度に製作せる電力用コンデンサの主なるものは下記の通りである。

北海道電力納	6,000 kVA	22.0 kV	50 $\sim$
昭和 電 工 納	9,000 kVA	6.6 kV	50 $\sim$
北 陸 電 力 納	4,000 kVA	3.3 kV	50 $\sim$
東 京 電 力 納	20,000 kVA	22.0 kV	50 $\sim$

以上の他 3,300 V 級では 200 kVA, 100 kVA, 50 kVA, 30 kV (50 $\sim$ 及び 60 $\sim$ 用) 多数を小口需要に応じ、即納している。又衝撃電圧発生器用、衝撃波吸収用、電気炉用、結合用コンデンサ等を多数製作した。



第 45 図 内部温床試験中の 417kVA 3,180 V, 1 ϕ , 50 $\sim$ 電力用コンデンサ

Fig. 45. 417kVA, 3,180 V, 1 ϕ 50 $\sim$, Capacitor (Circuit Voltage 22 kV) under Test

