

昭和電工株式会社喜多方工場納

# アルミニウム製錬用 140V 100,000A ゲルマニウム整流器

## 140V 100,000A Germanium Power Rectifier for Aluminum Smelting

近藤 喜久雄\* 森田 和夫\*\* 森山 昌和\*\*  
Kikuo Kondo Kazuo Morita Masakazu Moriyama

### 内 容 梗 概

アルミニウム製錬用直流電源として、140V 100,000A ゲルマニウム整流器を完成し、昭和電工株式会社喜多方工場へ納入、本年3月より運転に入った。本整流器は、新製品であるとともに、容量の点で記録品であるので、設計、製作上数多くの問題点があつた。たとえば、整流器エレメントの電流分担、電圧分担の平衡、冷却の均等、保護方式などの諸問題があつたが、幾多の研究により解決し、完成した。ここでは、本設備の概要を紹介するとともに、設計上の問題点について述べた。

### 1. 緒 言

近年、欧米においてゲルマニウム整流器が実用化され、その高効率と使用の簡便さが認められて、急速に普及しつつあることはすでに周知のとおりであるが、最近、わが国においても新しい半導体整流器として、電力用整流器界に登場し、各方面で使用され始めた。

ゲルマニウム整流器が実用化されたのはトランジスタが発明されて数年を経た 1953 年ころからであるが、その後の進歩発達は目ざましく、最近では、10,000 kW 以上の大容量器が製作されるようになった。合金法によるゲルマニウムジャンクションは、種々の改良が加えられて特性が向上する一方、整流器の応用面の研究も進み、その良好な運転実績とあいまつて使用分野は急速に拡大している。

ゲルマニウム整流器は、その特性上、低電圧、大電流にその特長を発揮するので<sup>(1)</sup>、最も適した分野は電気化学工業であつて、金属の製造、精錬、電解洗浄、ガスの製造（水素、酸素、塩素）、メッキ、陽極酸化などに多く用いられるが、小電力用としては、蓄電池充電、熔接機、

電子装置および通信機の電源などにも使用される。

日立製作所では、すでに水電解用 140 kW ゲルマニウム整流器 4 台を吉富製薬株式会社へ納入し、好調に運転中であるが、今回、記録的大容量である 140V 100,000A 14,000 kW ゲルマニウム整流器設備を完成した。第 1 図に整流器の外観を示す。

本整流器は、昭和電工株式会社喜多方工場における新設のアルミニウム製錬（熔融電解）用直流電源として使用され、本年3月より運転を開始した。アルミニウムの製錬を行う電解炉には陽極効果という特殊現象があるため、負荷電流はひんぱんに急減、急増を繰り返す、整流器にとっては最も苛酷な負荷といえることができる。かかる大電流の急変する変動負荷にもかかわらず、ゲルマニウム整流器は十分安定に運転できることが、その運転実績から実証された。

以下、本設備の概要と技術上の問題点について述べる。

### 2. 設 備 の 概 要

本設備はアルミニウム製錬に使用した半導体整流器設備として世界最大容量のものであるとともに、電力用半導体整流器誕生以来現在までの製作実績においても、屈指の設備である。ちなみに、アルミニウム製錬に使用した例では、米国 Reynold Metals Co. の 65V 90 kA が今まで世界最大であつた。本設備の主なる仕様は次のとおりである。

交流入力	154 kV	三相 50 c/s
直流出力	140V	
	100,000 A	
整流相数	12 相	
電圧調整	25V ~ 140V	
制御方式	自動定電圧制御	

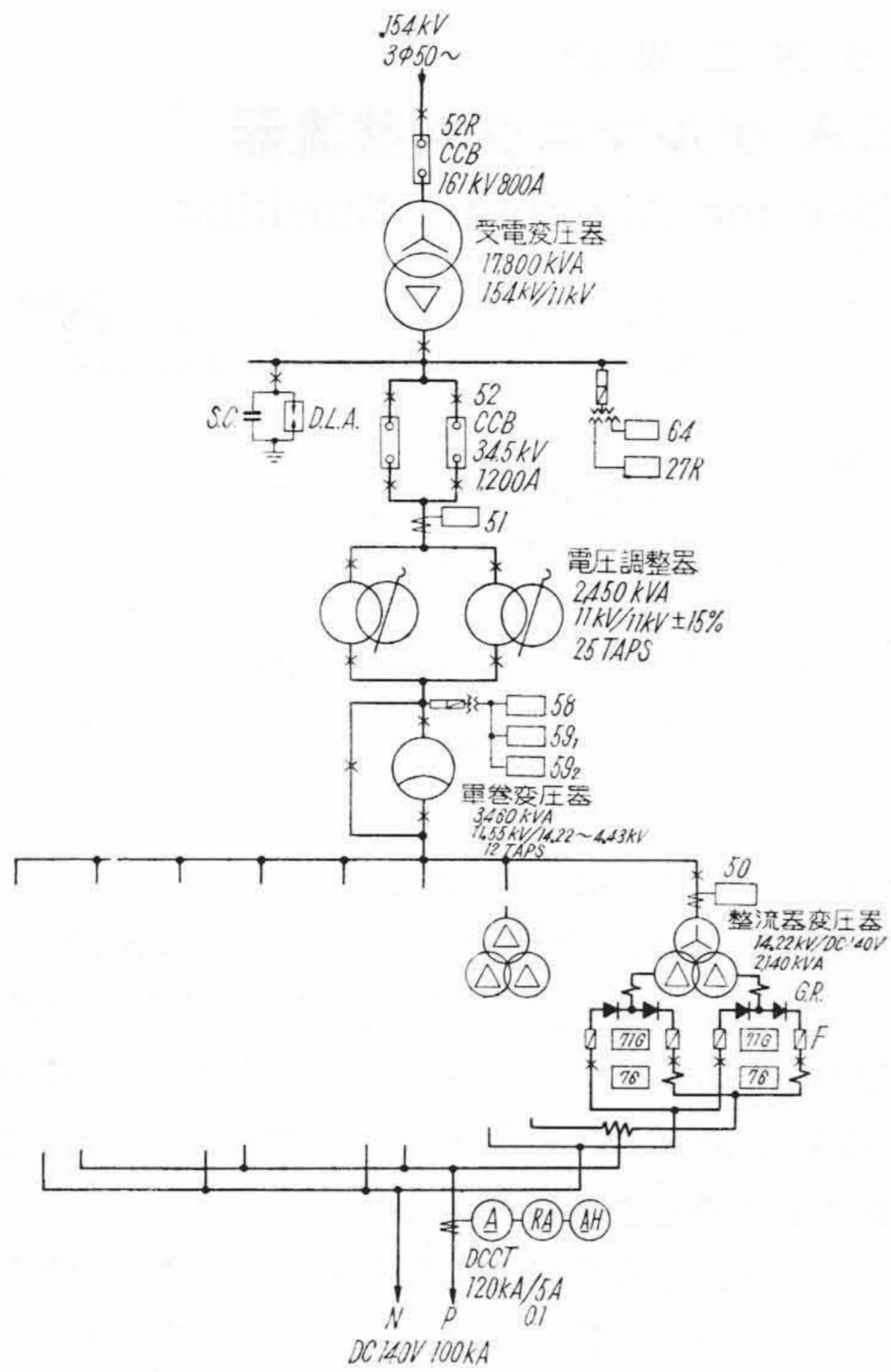


第 1 図 140V 100,000A ゲルマニウム整流器

\* 日立製作所日立工場

\*\* 日立製作所国分工場

第 2 図は電気設備の単線接続図で、受電、調整、整流



第2図 直流140V 100kA ゲルマニウム整流器設備単線接続図

の各部よりなり、主要機器の仕様は次のとおりである。

2.1 受電設備

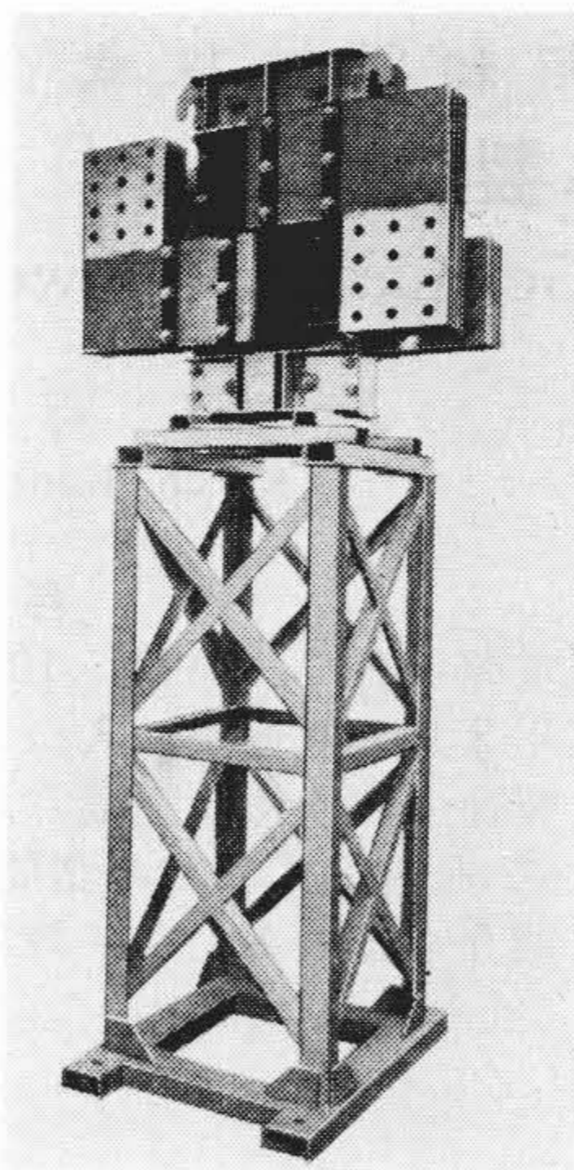
- 受電遮断器 制弧遮断器 BOU-250 B-PAB  
161kV 800A RUP CAP 2,500MVA
- 受電変圧器 屋外用油入自冷式 SOCR-3YCP  
三相 50c/s  
17,800kVA 154kV/11kV 人/△

2.2 調整設備

- 交流遮断器 制弧遮断器 BO-100-PAB  
34.5kV 1,200A RUP. CAP. 1,000MVA
- 負荷時電圧調整器 屋外用油入自冷式  
SLOCR-3 YCW 三相 50c/s  
2,450kVA 11kV/11kV ±15% 25タップ
- 単巻変圧器 屋外用油入自冷式 SNOCR-3YAC  
三相 50c/s  
3,460kVA 11.55kV/14.22~4.43kV  
12タップ

2.3 整流器設備

- 整流器用変圧器 屋内用油入自冷式 SICR-3MC  
三相 50c/s  
2,140kVA 14.22kV/DC 140V  
6,250A × 2 △/△△



第3図 25kA 相間リアクトル

同上

- SICR-3YMC 人/△△
- ゲルマニウム整流器
- 閉鎖空気循環型 F-6B
- 1,750kW 140V
- 6,250A × 2

本設備の全負荷最高直流電圧は 140V であるが、運転初期の電極焼成期間には、著しく低い電圧で運転しなければならない。また、運転中、適宜一部の電槽を運転停止することがあり、この場合も若干電圧を低める必要がある。

このため本設備では、直流電圧を最低 25V より最高 140V の間任意に調整しうるように製作されている。すなわち第2図に記載された単巻変圧器と負荷時電圧調整器とにより、直流出力側において上記 140~25V の連続調整を行うことができる。

なお、負荷時電圧調整器は2台設け、1台は保守点検のための予備とし、かつ已設水銀整流器設備への転用も考慮して設計してある。

また、設備の力率を良好にし、交流側誘導障害を防止するため、整流器は6相グレース結線とし、変圧器一次側は人、△の組合せにより12相整流として使用するの、位相差による還流を阻止する必要がある。このため変圧器人、△各1台を一組としてそれぞれ相間リアクトルを介して並列運転するようにした。本リアクトルは中性点電流が大きく、25kAにも達する一方、電圧はわずかに13.2Vであるため第3図に示すように特殊な形状となっている。

3. 設計上の問題点

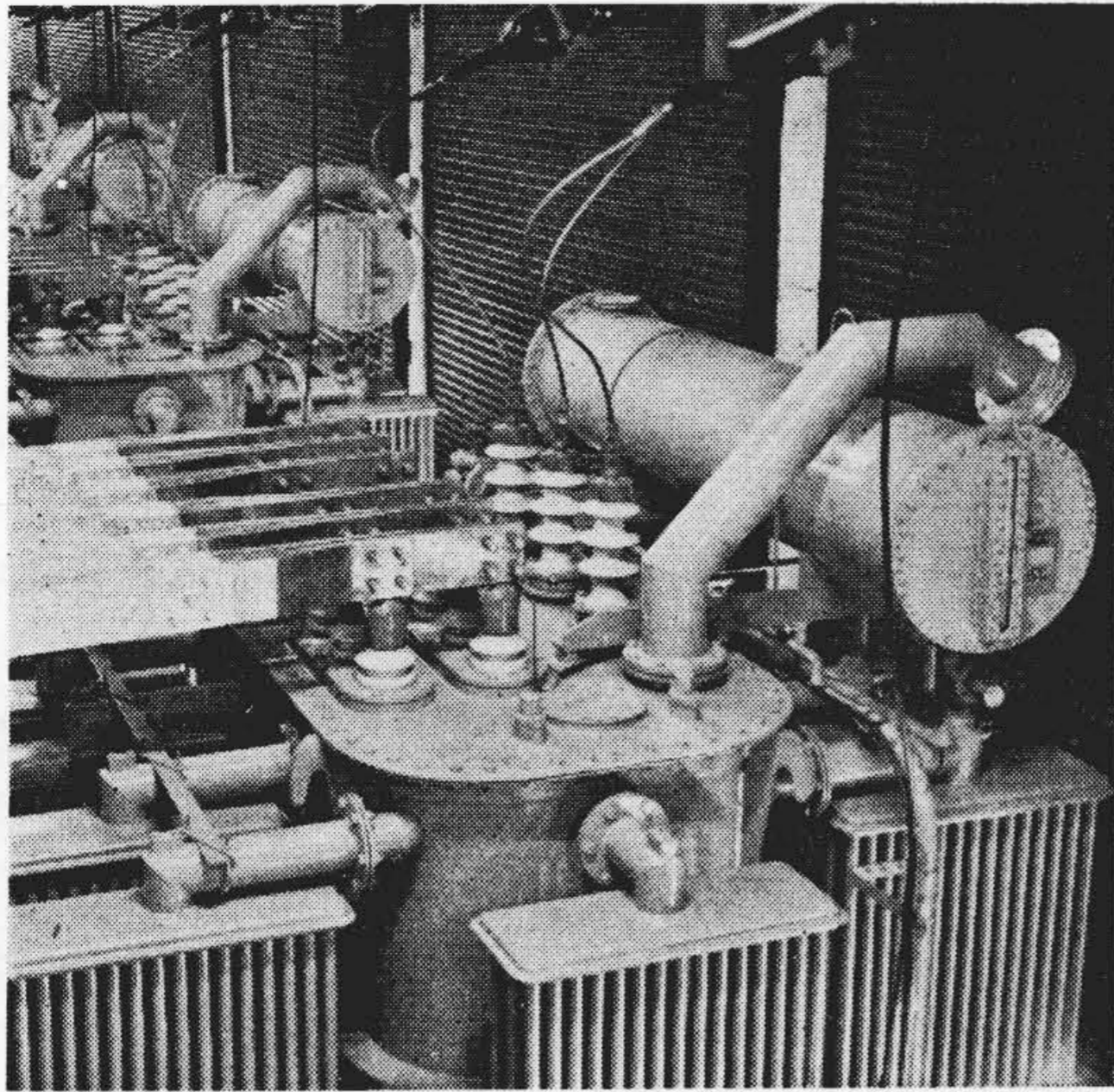
アルミニウム製錬用電源の特質と記録的大容量器のため、設計上数多くの問題があつた。その主なるものをあげると次のとおりである。

3.1 電圧変動率の選定

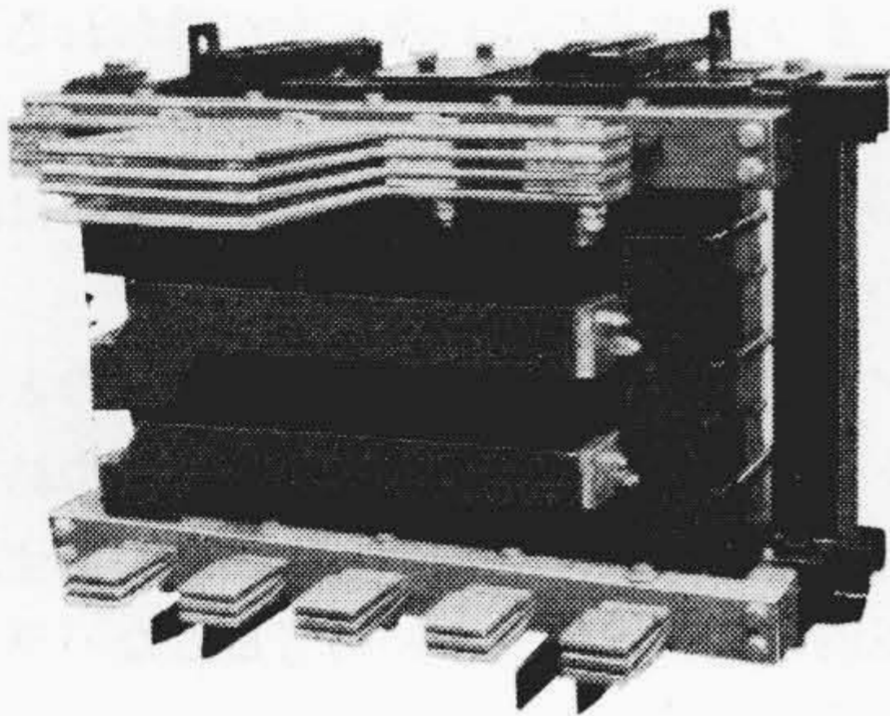
電圧変動率の大小は、陽極効果発生時の電流変動、短絡電流、力率、機器容量に直接影響を与えるため、最も適切な電圧変動率とする必要があり、種々検討の結果、最適の電圧変動率を選定した。

3.2 並列運転における電流の平衡

100,000A の電流は、第2図の単線接続図に示すように、8台の整流器セットを並列に接続して得られ、各整流器セットは1台の変圧器と2面の整流器キュービクルで構成されるため、各セット間およびキュービクル間に



第4図 2,140kVA ゲルマニウム整流器用変圧器据付状況



第5図 平衡リアクトル

電流の不均衡を生じないようにせねばならない。

このために、各整流器および変圧器の電圧変動率を揃え、各器を対称に配置して、総合電圧変動率を合せ、分担電流の平衡をはかった。第4図に整流器用変圧器の据付状態を示す。

分担電流の平衡で最も重要なのは、並列に接続されたエレメント間の平衡である。エレメントは順方向電圧降下に、それぞればらつきがあり、接続線の配線も完全に対称とすることは困難であるため、電流の分担には不均衡を生じやすい。このため、今回特殊の電流平衡リアクトルを開発して、エレメント間の平衡をはかった。第5図に平衡リアクトルの外観を示す。

### 3.3 直列エレメントにおける電圧の平衡

直列に接続されたエレメントが、運転時分担する逆電圧は均等である

ことが望ましい。しかし、エレメントの逆方向電流は相当ばらつきがあり、また温度により大幅に変化するため、エレメントのみ直列に接続したのでは不均衡が大きい。したがって、適当な均圧方法を講じなければならない。

均圧の方法には種々あるが、過渡時異常電圧を発生する懸念のない抵抗をエレメントに並列接続し、均等な分圧をはかった。

### 3.4 エレメントの均等冷却

整流器キュービクル内に収納されているエレメントを冷却する場合、最も重要なことは、所要の冷却空気を各エレメントに一樣に分配することである。このため各エレメントの通風路が冷却空気に対して、同一の通風抵抗をもつようにエレメントの配置および風道の形状を選んだ。

### 3.5 エレメントの保護

14,000 kW の大容量器が信頼度の高い整流器として、安定に運転されるには、エレメントの特性によく適合した保護がなされ、設備全体として調和のとれた設計であることが最も重要である。

特に雷撃を受けた場合、異常電圧は変圧器の二次側へ移行し、整流器内へ侵入するので、絶縁の協調を図らねばならない。

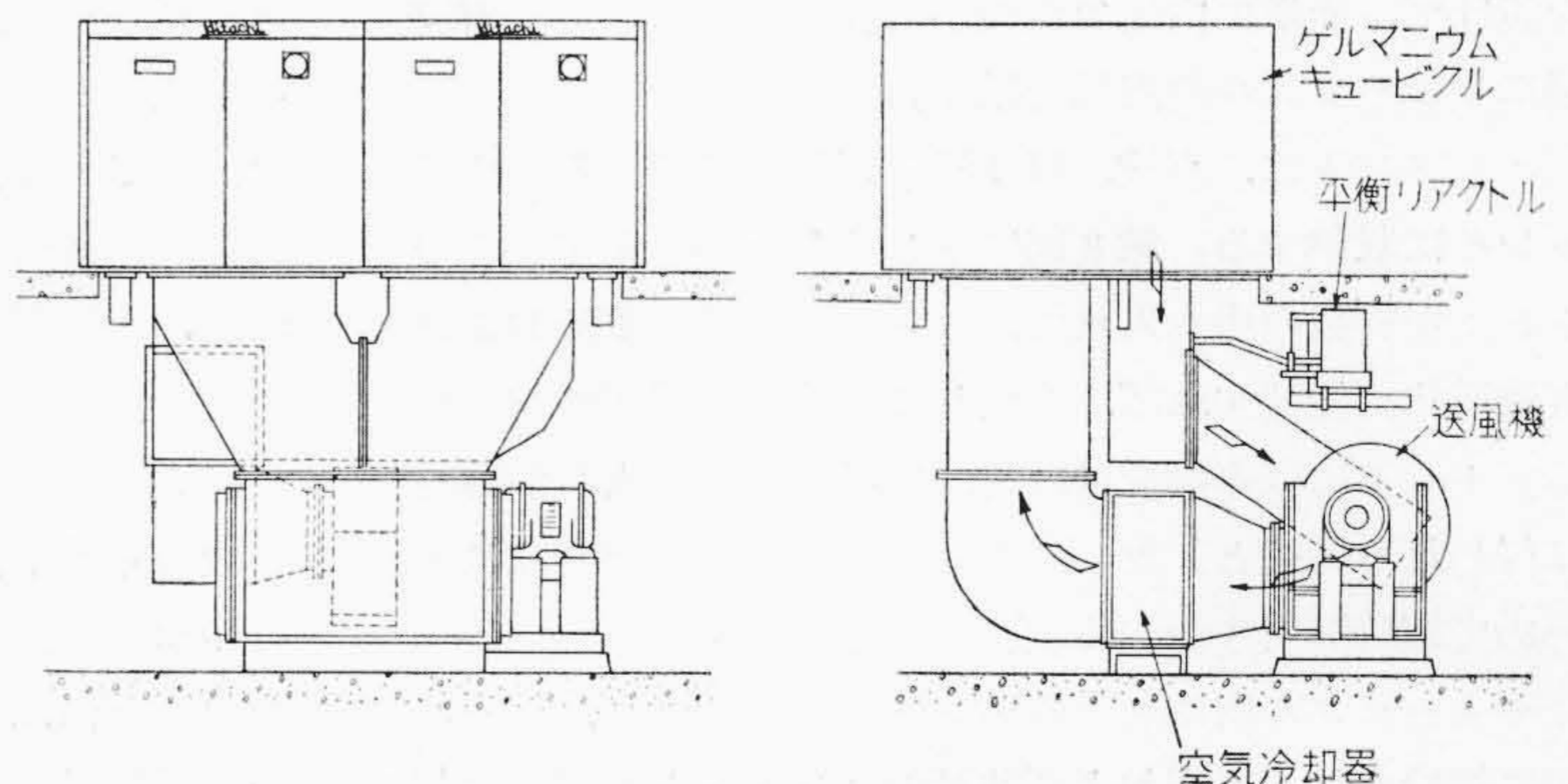
またエレメントが万一事故を生じた場合、ほかの健全なエレメントに事故が波及しないよう未然に防ぐことが必要である。このため特殊の高速限流ヒューズを開発して保護の万全を期した。

## 4. ゲルマニウム整流器

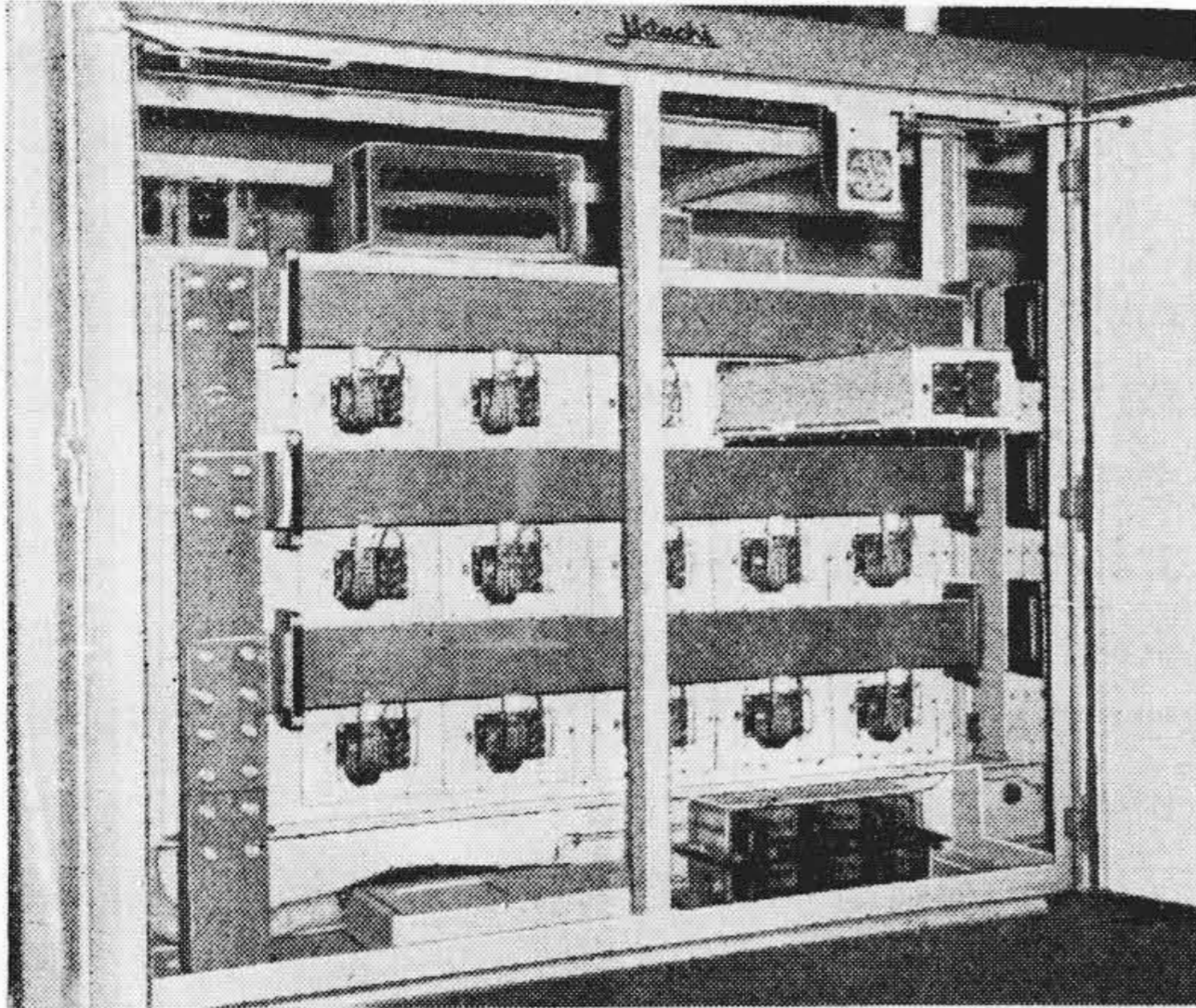
140 V 100,000 A は8セットの整流器により構成され、1セットの整流器は 140 V 6,250 A の整流器キュービクル2面とその冷却装置とからなっている。第6図は、整流器1セットの概略を示すものである。

### 4.1 構造

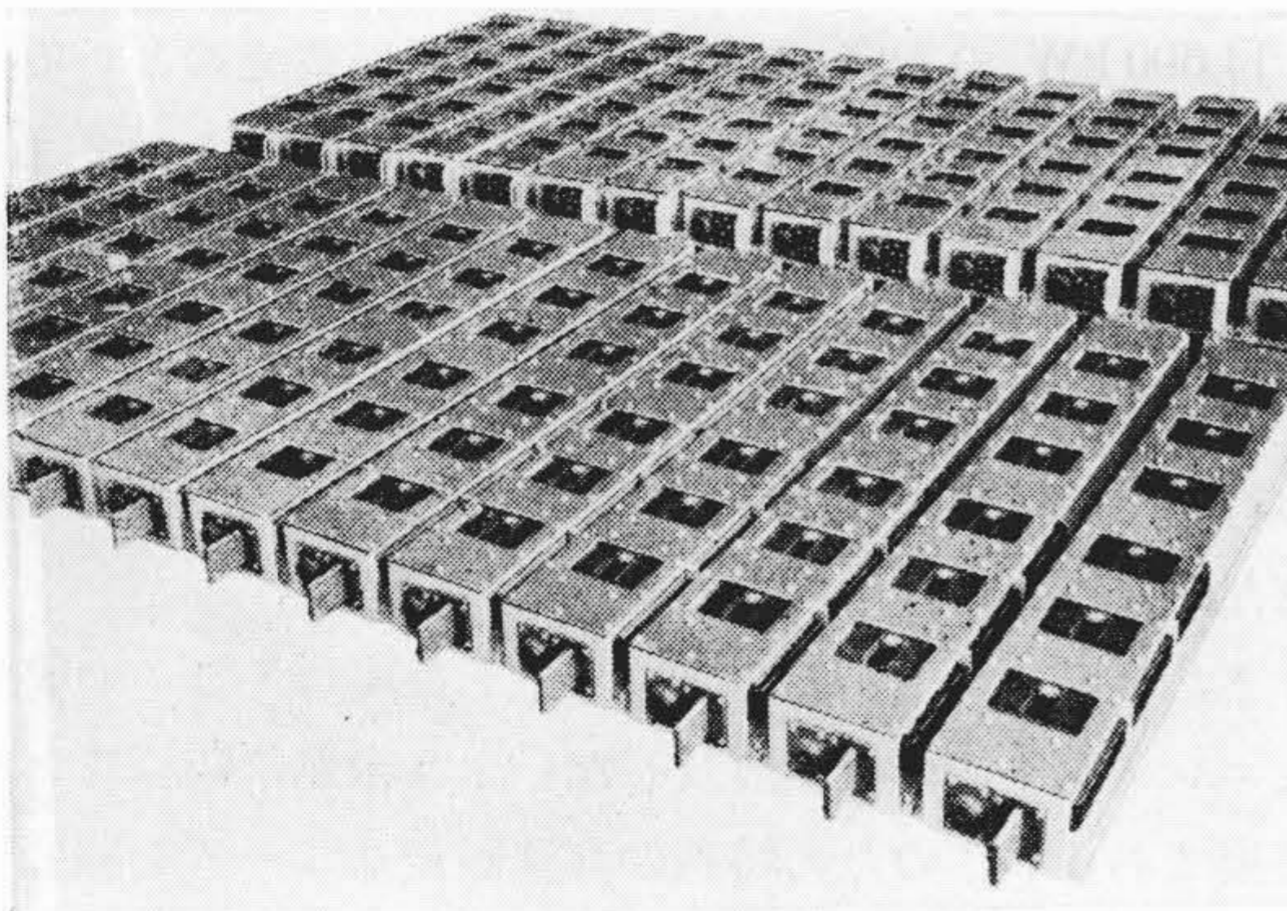
整流器は已設の建屋に設置されたため、階上には、整



第6図 140 V 12,500 A ゲルマニウム整流器



第7図 ゲルマニウム整流器キュービクルの内部



第8図 ゲルマニウム整流器トレイ

流器キュービクルを据付け、階下には、冷却装置を据付けるよう、建屋に適合した構造を採つた。このため、据付は非常に簡単で、全設備は機器搬入後わずか10日間で据付、調整を終り運転に入ることができた。

整流器キュービクルは、エレメントを入れた引出状の箱（以下トレイという）、トレイを収納する枠組、高速限流ヒューズ、警報ヒューズ、エレメント故障検出装置、温度計よりなる。キュービクルの正面および裏面には、扉を設けて、簡単に内部の点検ができるようにした。第7図にキュービクルの内部を示す。

エレメントは、点検、取り替えが簡単にできるためにトレイに収納する。第8図にトレイの外観を示す。このトレイを枠組の中へ入れて、トレイの端子を交流および直流導体に接続すれば、ただちに整流器回路が構成される。トレイには車輪を付けて、枠組への出し入れが容易に行われる構造とした。このためトレイの交換時間はきわめて短時間ですむ。

キュービクル内におけるエレメントの配列は、同一の相に接続される直列および並列のエレメントが同じ冷却条件を受けるように選定し、温度差に基づく逆電圧の分担

に不平衡が生じないようにした。すなわち、冷却空気が下部より上部に垂直に流通するのに対し、同一相に接続されるエレメントは、同一水平面上に配列することにより、逆電圧の分担を良好ならしめた<sup>(2)</sup>。

#### 4.2 冷却

本整流器の冷却方式は、第6図に示すように、冷却空気が循環し、途中に水冷式空気冷却器を設けて、キュービクル内で発生した熱を奪う、いわゆる閉鎖通風循環方式である。

この方式は、空気が外気と流通することなく循環するので、外部から塵埃の侵入する心配がなく電氣的絶縁は良好に保たれ、信頼性が高い。したがって定期的点検、清掃の回数も少なくすむ。さらに、この方式の利点は水冷式の空気冷却器を使用しているため、夏季、外部の空気温度が上昇しても、ほとんど内部の冷却空気温度は影響を受けないことである。すなわち、循環する冷却空気の温度は、冷却水の温度により定まるが、一方、四季を通じてあまり温度差のない冷却水が得られるので、夏季においても冷却空気はほとんど上昇しない。したがって、整流器は夏季、冬季にかかわらず温度にほぼ一定の余裕をもつて運転することができる。

エレメントを一様に冷却するため、前述のとおり特にエレメントの配置に注意が払われた。試験の結果、冷却空気は60の通風路に分かれるにもかかわらず、不平衡率は3%以内に入るというきわめて良好なバランスが得られた。

キュービクルの正面扉には、冷却空気の温度を指示する温度計を設けて、運転中の温度が外部からわかるようにするとともに、冷却空気温度がなんらかの原因である値以上に上昇した場合には警報を発して温度管理を行う方式とした。

#### 4.3 試験結果

定格負荷試験、過負荷試験、絶縁試験、衝撃電圧印加試験、限流ヒューズ動作試験、故障検出装置動作試験を行つたが、いずれも良好な結果が得られた。効率率は、JEC-133準用の規約効率で94.2%で、140V 100,000Aの整流器として、他機器よりはるかにすぐれていることが確認された。

直列に接続されたエレメントの逆電圧分担も、実測の結果、定格電流が流れた場合も、無負荷の場合もいずれも不平衡率3%以下というきわめて良好なバランスを示した。

分担電流平衡の問題については、現地測定の結果、8台のセット間の不平衡率は1.5%以下、2キュービクル間の不平衡は2%以下、並列エレメント間は4%以下という予期以上の好結果が得られた。また8セット中1セット停止して、7セットで運転した場合の分担電流もき

わめてよく平衡しており、7セットで 87,500 A の連続運転ができることが確認された。

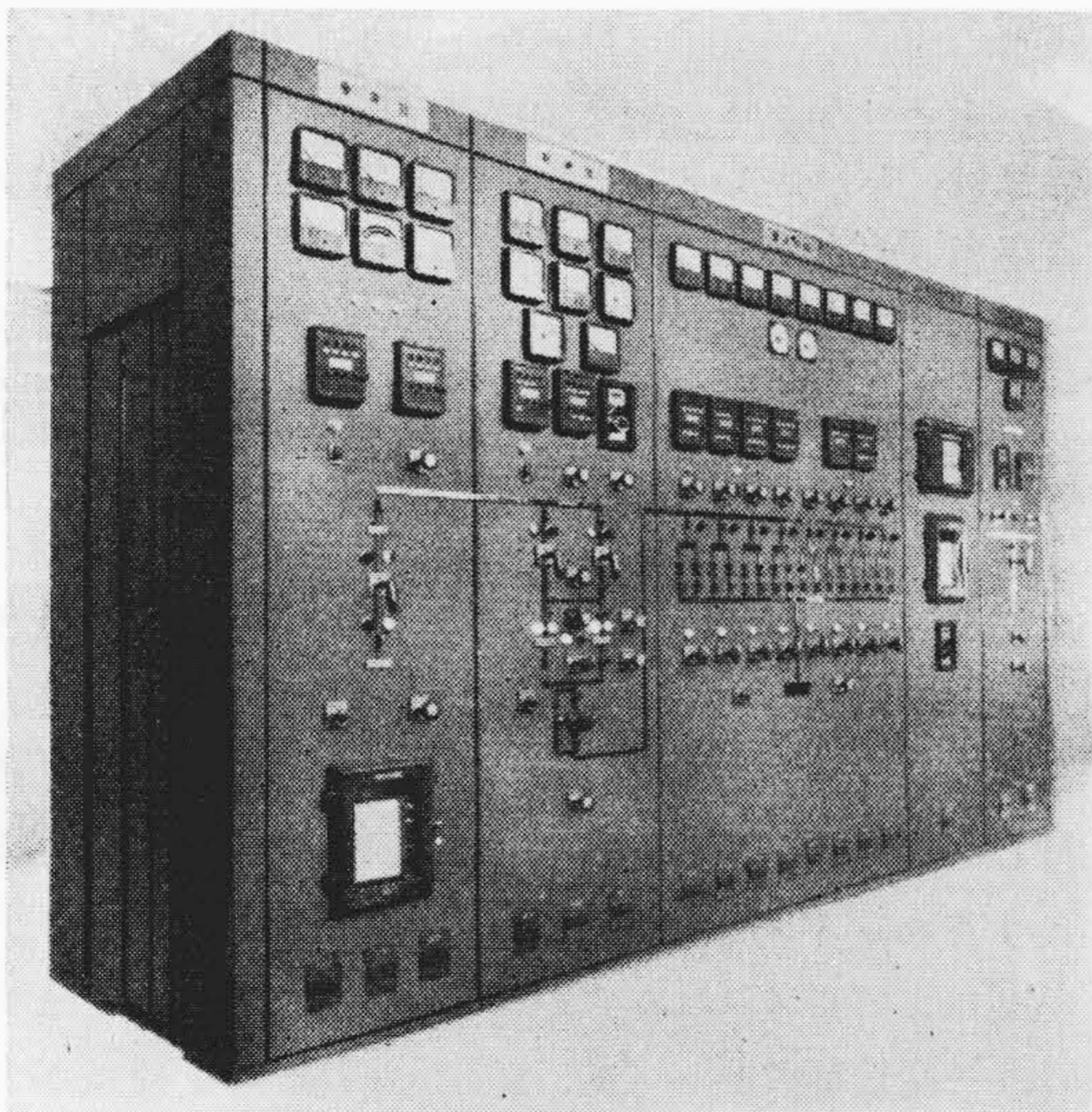
なお、並列エレメントの電流平衡に使用された、平衡リアクトルは、従来水銀整流器に使用されていた陽極平衡線輪とほぼ同様の性能のものであるが、ゲルマニウム整流器に使用する場合は、誘起電圧は低くてよい代りに、不平衡電流を小さくするため、特に励磁電流を減らすように製作する必要がある。また並列数が多いので、リアクトル自体の性能を均一にするよう十分な考慮を払って製作し所期の目的を達した。

### 5. 制御装置

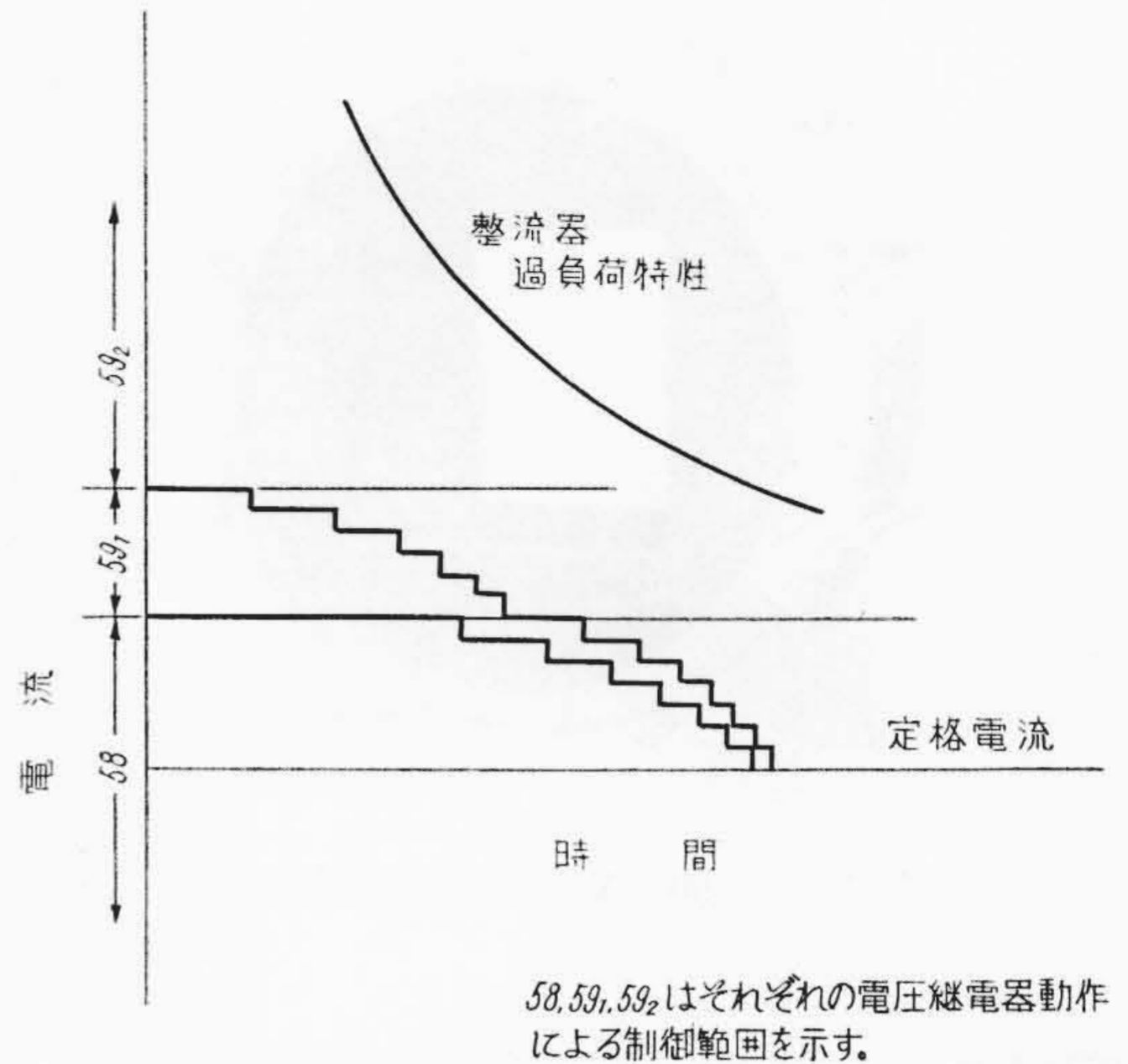
本設備の運転、制御は電解炉の運転との密接な連繫のもとに行われなければならないが、従来水銀整流器などの整流器設備に比較して、補機は冷却扇のみで、操作の簡単であることが一大特長である。すなわち、単巻変圧器を所定タップ位置に整定し、冷却扇を運転して交流遮断器を投入すれば運転に入るが、これらはすべて主配電盤（第9図）にて操作される。

起動完了すれば自動運転に切り換える。

従来、アルミニウム製錬用電源の自動調整方式は、定電圧、定電流、定電力などの方式が採用されている。電解炉の運転上からは一般に定電流方式が要求されるが、本設備のように、アルミニウム製錬としては比較的低電圧、したがって電解炉数の少ない設備では、陽極効果による電流減少が大きく、これを補償した場合、陽極効果消滅後の電流増加が著しくなり、この種半導体整流器に対しては好ましくない。また、一方陽極効果を除けば負荷側変動による大きな電流変動はきたさないものであつ



第9図 140V 100kA ゲルマニウム整流器設備用配電盤



第10図 電流制御曲線

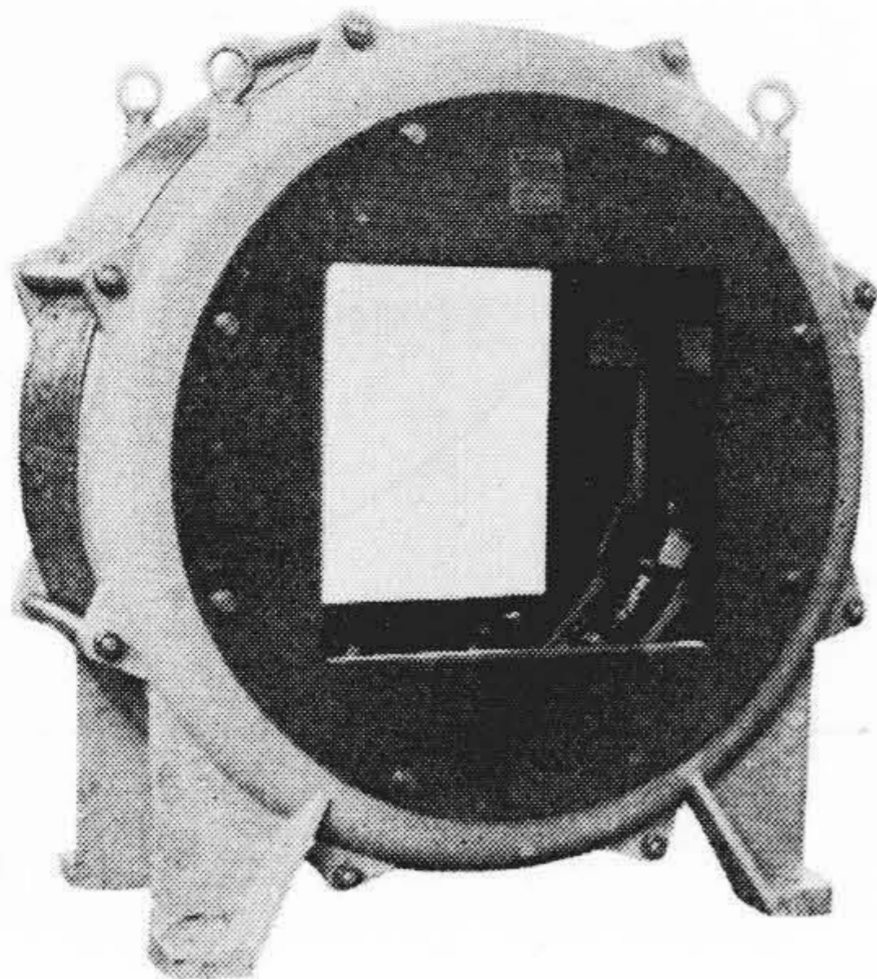
て、電流変動のほとんどは、電源電圧の変動に帰因するものである。この点から定電圧方式を採用し、電源電圧の変動に対しては負荷時電圧調整器によつて電圧を一定ならしめ、単巻変圧器のタップ位置と、電圧調整継電器の整定電圧との組合せで、負荷に適合する任意の定電圧が得られるように考慮されている。

第10図は整流器の過負荷特性と、電源電圧変動に应付するための電流の制御曲線で、過負荷の許容範囲内に過電流を抑制し、かつ、調整器の動作頻度もなるべく少なく、安定した運転ができるように考慮した。すなわち、運転電圧のわずかな変動に対しては、電圧調整継電器 58 が動作し、限時継電器によりその連続性を確認し、負荷時電圧調整器のタップを自動的に切り換え、運転電圧を一定に保つように操作するが、予定値以上の過電圧に対しては、整流器過負荷特性との協調を考え、過電圧継電器 59<sub>1</sub> を動作せしめ、急速に降圧するようにした。定電圧方式は負荷特性が一定であれば、定電流方式と同様の効果を期待できるが、陽極効果による電流の減少は、直流総合電流、および直流積算電流を監視して、単位時間内の生産量、すなわち積算電流量を一定になるように調整し、定電圧制御と同時に、補償による定アンペア・アワーの運転方式とした。

かように、直流出力は生産量と密接な関係を有し、これが基準となつて、電解炉の能率、したがって生産原価を決定する大きな要素となる。このため直流出力の測定に対しては、その精度が当然問題となる。

本設備では、特に記録的な直流 120 kA 測定用の直流変流器を製作し、出力電流および積算電流の測定に正確を期した。

所内直流母線が2系列のため、変流器も各系列にそれ



第11図 60 kA 直流計器用変流器

それぞれ1台あて設置され、別に総合変流器を設けて2系列の電流値を直接加算して測定しうるようにしてある。

本変流器は、定格電流に関してはすでに昭和30年に、昭和電工株式会社大町工場に納入したのと同じ60 kAであるが、今回は母線にアルミニウムを使用する関係で、変流器鉄心が著しく大きくなり、かつ2台の変流器二次電流を直接加算する方式としたので、これらの条件によつても誤差が増加せぬよう、鉄心材料や巻線構造など特に慎重に検討して製作した。工場試験、計器校正に当つてもできるだけ精度を上げるため、実際のゲルマニウム設備を電源に使用し、かつ隣接母線の影響を無視しうるよう各辺11 mに及ぶ大型の正方形試験回路を組んで測定を行い、優秀な結果を得た。主な仕様は下記のとおりである。

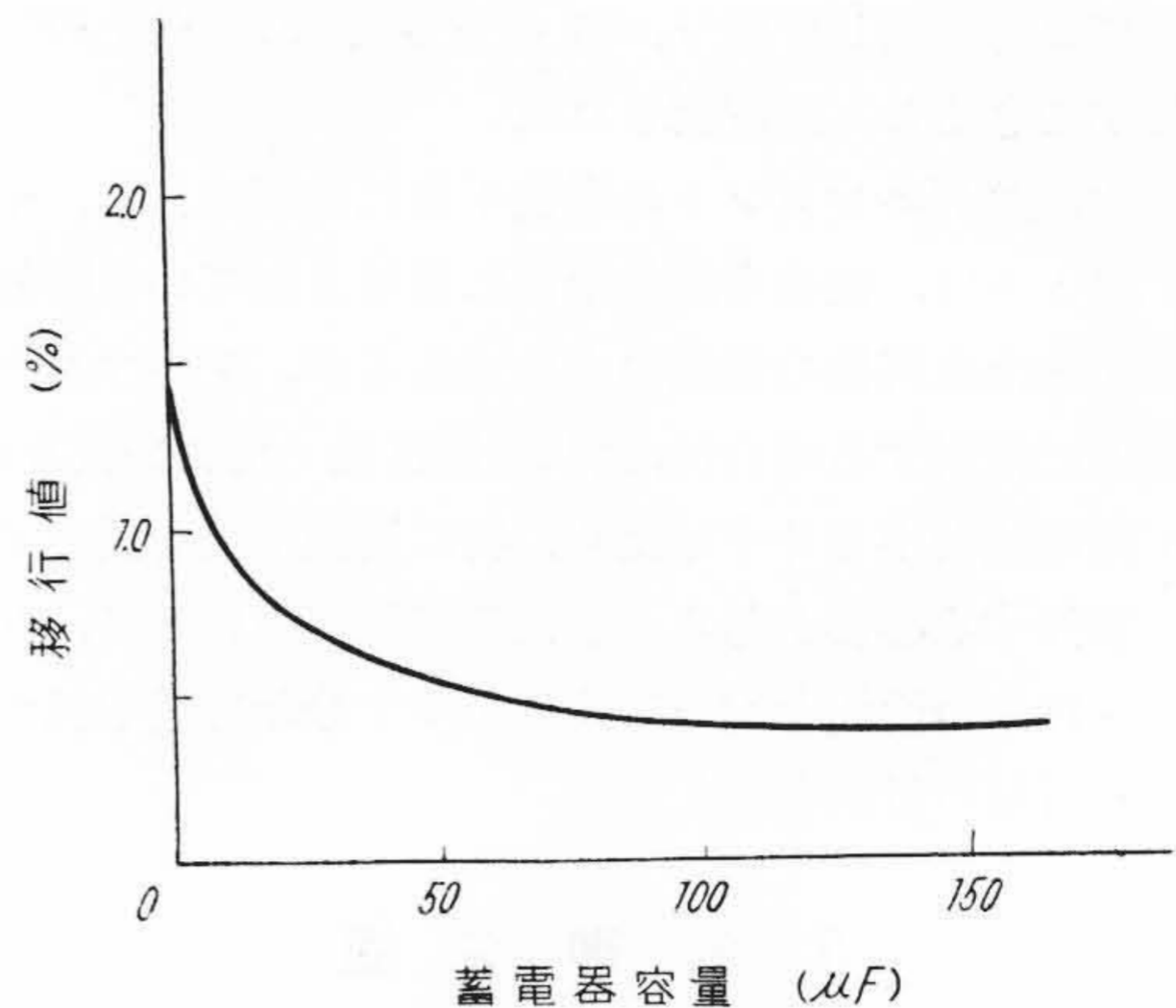
定格電圧	DC 140V
定格一次電流	DC 60 kA
補助変流器二次電流	AC 5 A および 0.1 A
変流器単独特性	2台組合わせ DC 120~80 kAにおいて比誤差 $\pm 0.5\%$ 以内

第11図は変流器外観である。

## 6. 保護装置

ゲルマニウム整流器は種々の長所を具備する反面、若干の短所もある。従来の銅、鋼材により構成された強電機器に比し、その過電圧、過電流強度が、比較的小さいのでこれらの特性を十分認識して適切なる処置と保護対策を必要とする。

余裕のあるエレメント構成によつて、過電圧、過電流強度をもたせるためには、定格出力に比べ非常に大きな整流器容量を必要とし不経済である。したがって保護装置を完備して事故の発生を阻止するとともに、万一事故を生じた場合にはこれを局限することにより、使用数を最小限に収めることが望ましい。本設備に対しては、幾



移行値は変圧器一次側印加電圧値に対する百分率を示す。

第12図 変圧器移行電圧と蓄電器容量

多の研究、実験の結果最も適切な方式として次の保護方式を採用した。

### 6.1 異常電圧

#### 6.1.1 商用周波電圧

常時運転における電源電圧の上昇に対しては、電圧調整継電器 58 および過電圧継電器 59<sub>1</sub>により負荷時電圧調整器を自動調整し、過電圧の制御を行うが、電源電圧が異常上昇した場合には、過電圧継電器 59<sub>2</sub>により交流遮断器を遮断する。これは整流器のエレメントに印加される電圧の異常上昇を防止すると同時に、電圧上昇に伴う負荷電流の異常増加をも抑制するものである。

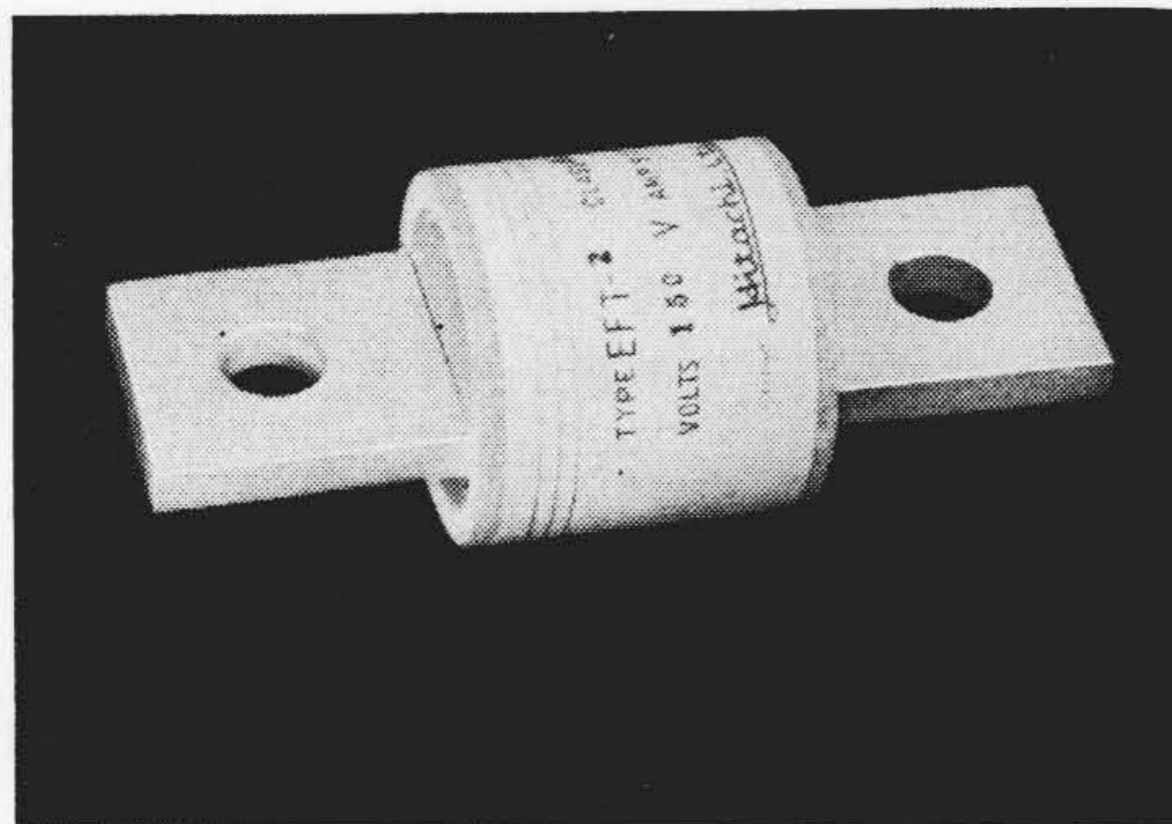
#### 6.1.2 衝撃電圧

電力用ゲルマニウム整流器は従来の油入機器に比し、インパルス比が小さいので、衝撃電圧の侵入に対しては、常にエレメントの破壊電圧以下に抑制するよう考慮されなければならない。

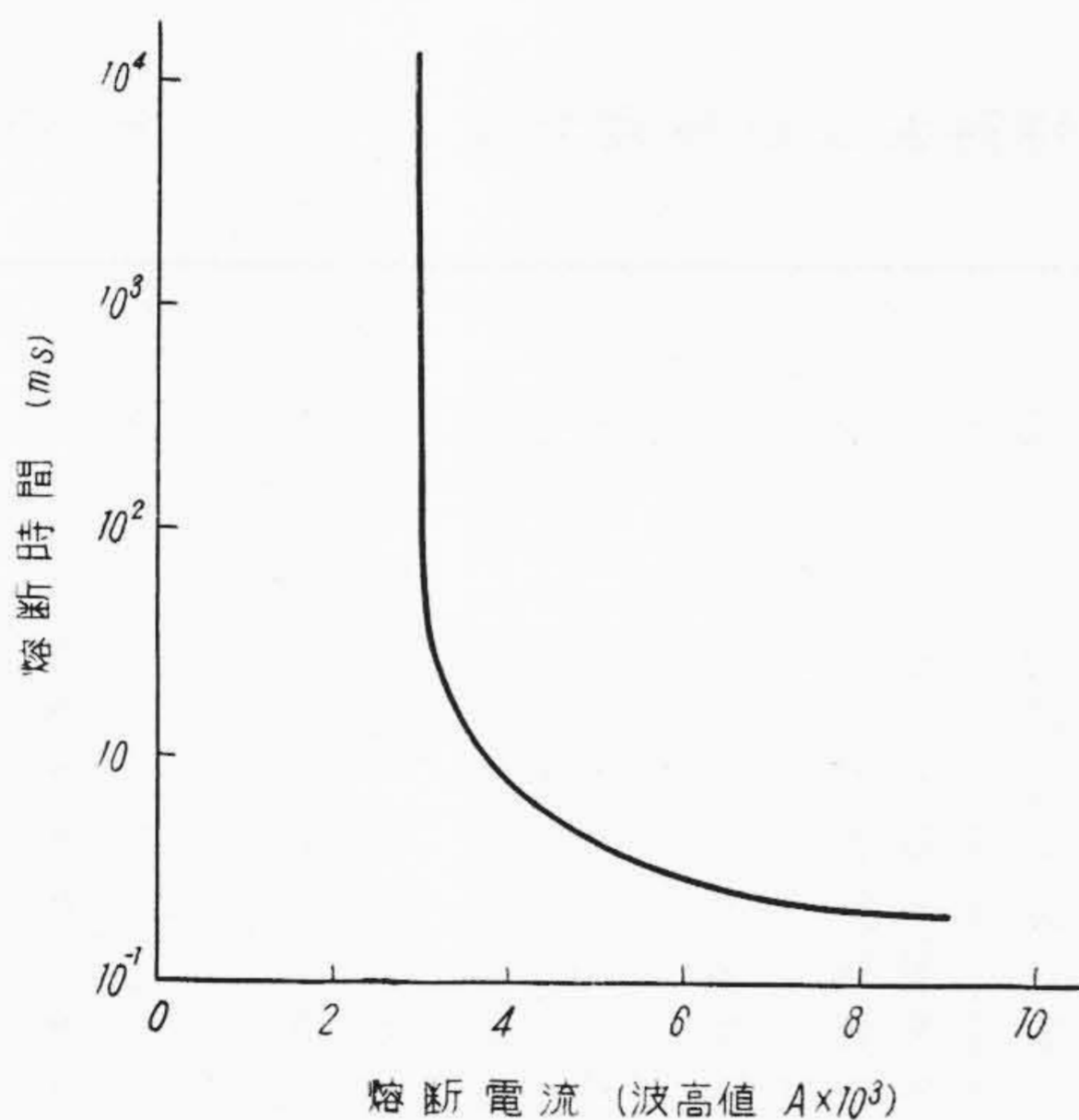
これに対しては変圧器一次側に11 kV用サージアブソーバを、二次側にコンデンサ、セレンアレスタを併用して良好な結果を得た。

コンデンサは、波頭峻度の緩和とともに、変圧器一次側からの移行値の低減効果がある。第12図は変圧器一次側より二次側の巻線間への移行値と、挿入される蓄電器容量との関係を示したものである。また、移行した衝撃電圧が、直列エレメントに均等に分布するよう各エレメントと並列に蓄電器を設けた。

セレンアレスタは非直線性抵抗特性を有するとともに、一度放電破壊しても、絶縁を回復する利点がある。使用にあたっては衝撃電圧に対する逆方向特性、寿命などが検討されたが、いずれも結果は満足すべき



第 13 図 半導体整流器用限流ヒューズ



第 14 図 限流ヒューズ熔断特性

ものであつた。

6.2 ゲルマニウムエレメントの事故

運転中のエレメントが、なんらかの原因で短絡事故を起した場合、逆電圧は、残りの直列エレメントに印加され、長時間運転すると、その直列エレメント全部に短絡

事故が波及するおそれがあり、整流器用変圧器の二次線間短絡に発展する。したがつて、事故の拡大する前にすみやかにこれを検出し事故エレメントを交換することが望ましい。

検出装置は逆電圧を利用した平衡保護継電方式で、電位差により検出継電器を動作せしめるものである。

その動作特性は試験の結果、ほぼ定格の 50% 以上の電圧で運転する場合は、いずれのエレメントが短絡しても、裕に検出することができた。万一直列エレメントが全部短絡した場合には、健全相より、そのエレメントを通して短絡電流が流れるので、健全相のエレメントにも、過電流が流れ好ましくない、したがつて、すみやかに短絡したエレメントを除外する必要がある。

このため、今回新たに半導体整流器用として開発した限流ヒューズを採用した。

第 13~15 図はそれぞれ、限流ヒューズの外観、熔断特性、変圧器と整流器を組合せて故障を想定した試験結果を示す。

熔断特性から明らかなように、4,000~5,000A (波高値) 以下になると、急に遮断時間が延びて、腰折型の曲線であり、これは一定値以上の過大電流が流れた場合には、最初の電流波高値に達する前に熔断する、いわゆる限流効果の大なることを示している。また、短絡電流に対しては、整流器の過負荷特性を十分下回り、好ましい保護特性を示した。

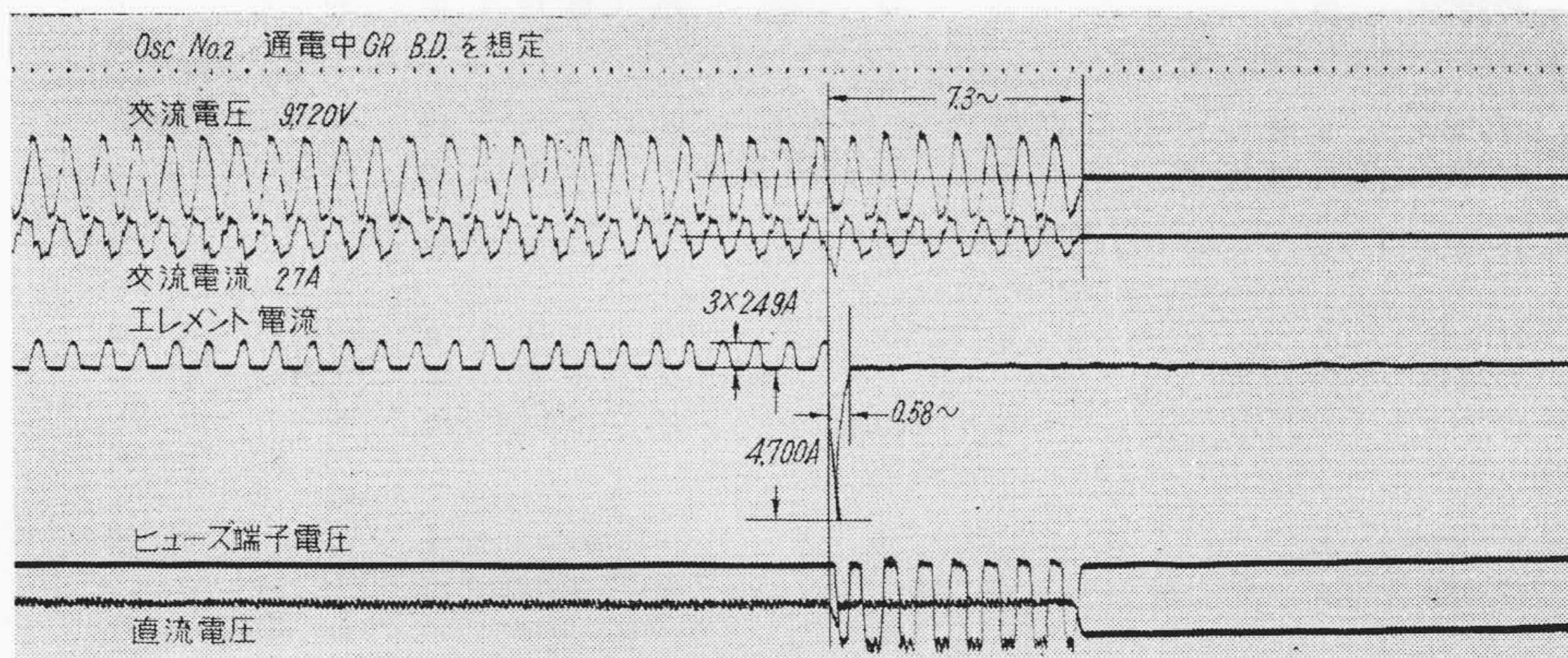
6.3 過電流保護

直流側の事故による短絡等過電流に対しては、直流過電流継電器 76 を設けることにより万全を期した。

なお、整流器用変圧器一次側に高速度短絡継電器 50 を設け、整流器用変圧器およびその二次回路の短絡保護を行うと同時に、限流ヒューズの後備保護とした。

7. 結 言

電流変動の急激なアルミニウム製錬の電源として、ゲ



第 15 図 直列素子故障試験オシログラム

ルマニウム整流器が、十分の信頼度をもつて運転されることが確認された。14,000 kW のゲルマニウム整流器は、記録的大容量で種々の技術的問題があつたが、これらの問題はことごとく解決されて、完成をみた。今回の製作経験に基き、さらに大容量器製作の可能であることが明らかとなつた。

本整流器は美しいキュービクルに収納され、運転、保守は簡単、効率がすぐれているなど、従来の整流器に比べ、格段の進歩がもたらされたものと信ずる。

以上 140V 100,000A ゲルマニウム整流器の概要と

その問題点について述べ、需要家各位の御指導と御鞭撻を賜るべく、御参考に供したしだいである。

なお末筆ながら、アルミニウム製錬用電源として、本整流器を採択された昭和電工株式会社関係各位の御達見と御英断に対し衷心より敬意を表するとともに、種々御指導御協力を賜わり厚く御礼申し上げる。

参考文献

- (1) 近藤, 池田: 日立評論 39, 1237 (昭 32-11)
- (2) 実用新案申請中

特許と新案

最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その3)

(第14頁より続く)

区別	登録番号	名称	工場別	氏名	登録年月日
実用新案	477266	回転方向変換装置	川崎工場	松本源次郎 嘉瀬博	33. 5. 28
"	477276	圧縮機におけるラビリンスピストンの清掃装置	川崎工場	大谷 巖	"
"	477272	低 温 度 槽	栃木工場	南部 誠一	"
"	477251	自動平衡型電位差計の電流校正用抵抗装置	多賀工場	河井 陽一	"
"	477262	扉 錠 装 置	多賀工場	大和田 勤	"
"	477278	ネジ型ホイスト	多賀工場	横内 直中	"
"	477280	抵抗器	多賀工場	小島 直義	"
"	477281	扇風機首振り装置	多賀工場	四倉 輝夫	"
"	477282	調整抵抗器	多賀工場	小島 義男	"
"	477283	調整抵抗器	多賀工場	小島 義男	"
"	477286	床上扇風機スタンド	多賀工場	四川 倉輝光	"
"	477287	可搬式開閉器筐	多賀工場	川崎 光彦	"
"	477289	カーボンパイル付発電装置	多賀工場	森岡 健章	"
"	477291	天井用首振り型電気扇風機	多賀工場	四倉 輝夫	"
"	477292	走行安全装置	多賀工場	杉山 巖	"
"	477293	床上扇風機スタンド	多賀工場	鎌野 早苗	"
"	477260	小型電動機の吊下げ装置	亀戸工場	園山 裕裕	"
"	477267	電動機冷却装置	亀戸工場	園山 裕裕	"
"	477268	潜水電動機	亀戸工場	広瀬 相実	"
"	477279	資 料 空 気 除 湿 器	亀戸工場	井上 忠一	"
"	477300	巻線型誘導電動機の自動起動装置	亀戸工場	森泉 弥	"
"	477253	自動電話交換機のバンクプロテクタ	戸塚工場	菊地 誠勉	"
"	477255	通 信 機 筐	戸塚工場	加藤 政雄	"
"	477269	小型ラジオ電源スイッチ	戸塚工場	鈴木 孝彦	"
"	477303	回転陽極型X線管	茂原工場	宇多村 幸彦	"
"	477298	ステム十字形封止器	中央研究所	落合 清吉	"
"	477270	高速円板ポンプ	日立研究所	加嶋 藤原七	"
"	477288	周波数変化検出装置	日立研究所	高小 林 栄大	"

(第28頁に続く)