

封じ切り風冷エキサイترون整流器

浅野 弘* 守田 啓一**

Sealed-off, Air Cooled Excitron Rectifier

By Hiroshi Asano and Keiichi Morita
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The Sealed-off, Air Cooled Single Anode Mercury Arc Rectifier, which was under construction since last year at Hitachi, Ltd., has been completed, and some units are already in operation in the field. Many more are now being produced at the plant.

The Rectifier which has been completed is the first Sealed-off, Air Cooled Excitron Rectifier to be produced in Japan, the type and form of which are considered to be most desirable.

In producing the Sealed-off Rectifier, it is necessary to keep the vacuum leakage loss to a minimum of $10^{-5} \sim 10^{-16} \mu\text{l/s}$. When compared with a pin hole, it is equivalent to a 10^{-3} mm diameter hole. Therefore, it requires highly advanced technique both in vacuum welding and sealing to produce the rectifier tank.

Since the rectifier tank is sealed at the plant and the absorbed gas is not discharged for several years thereafter, it is absolutely necessary to avoid discharge of gas from the internal components during operation in the field.

For this purpose, perfectness is required in the selection of the materials to be used as well as in special processing. In other words, various new problems in designing will be faced during the process of producing the Sealed-off Rectifier.

1. It has become possible to produce the Sealed-off Excitron by using the V.E. Seal on the sealed section.
2. By employing the helium leak detector and other superior vacuum leakage detectors, it is possible to measure the leakage quickly and accurately.
3. Based upon fundamental researches, a formula has been made for the selection of materials for internal components and special processing.

The above-mentioned factors have contributed to the completion of the Sealed-off, Air Cooled Excitron Rectifier. The Rectifier with 6 tanks has a heavy load nominal rating of 2,000/1,000 kW, 1,500/600 V, and 1,333/1,666 A.

It has withstood the company's severe test and has proved its superiority in operation. Hereafter, it will further manifest its superiority in maintenance and operation, and is expected to be widely applied in the field of industrial engineering.

〔I〕 緒 言

水銀整流器の型式における最近の発達は、真に著しいものがある。多極水冷方式より、単極水冷方式に、水冷方式は風冷方式にと移行して行つた。最後に保守上最も

* ** 日立製作所日立工場

問題の多い排気装置を有しない、いわゆる「封じ切り水銀整流器」の出現が強く要望された。日立製作所では、昨年来鋭意製作中であつたが、今回整流器としては最も完全なる型式と考えられる「封じ切り風冷エキサイترون整流器」を完成して、近畿日本鉄道株式会社瓢箪山変電所、京王帝都電鉄株式会社新高幡変電所、北野変電所に

納入され、現在いずれも好調に運転しており、工場では引続き続々と生産されている。ここに封じ切り風冷エキサイترون整流器の設計および製作上の問題につき、その概要をのべる。

〔II〕 封じ切り水銀整流器の概要

(1) 水銀整流器の型式

水銀整流器は設計上の進歩に伴い、運転特性、保守の簡易化および経済性の諸点より、その型式は種々開発されてきたが、その一覧表を第1表に示す。本表によれば、ほとんどすべての型式の水銀整流器が製作されているが近年の著しく強い傾向としては、保守上最も望ましい型式たる「封じ切り風冷」が各方面に広く進出している現状である。日立製作所において完成量産中の水銀整流器は「封じ切り風冷エキサイترون型」である。

(2) 排気型水銀整流器の欠点

従来の排気型水銀整流器において、保守上最も厄介にして、かつ事故の多いものに排気装置がある。排気型では、排気装置が良好なる状態でないと、安全なる運転は期待し難い。参考までに第2表に水銀整流器を主器とせる直流変電所の事故統計を示す。本統計は米国の直流変電所実態調査資料に基いたもので、水銀整流器の運転特性、保護方式の差異も各様であるが、いずれの型式たるを問わず、排気装置の事故が多いのが目立つ。ゆえに排気型については、真空の監視および排気装置の保守が強く要求される。しかるに従来真空測定に利用されたマクレオード真空計および真空継電器類はかならずしもその取扱いは簡単でなく、かつ自動化する最も難点となっていた。ゆえに排気型水銀整流器を使用する直流変電所では、全自動化により無人変電所とするには排気装置の存在が最大の障害となつた。

日立製作所では出荷および製作中の封じ切り整流タンクは、すでに 150 タンクにおよぶが、そのうち無人変電所に使用されるタンクは約 70 タンクにおよぶ。このことは「封じ切り水銀整流器」が直流変電所の無人化に対する最大の鍵を握っていることを如実に立証している。

つぎに冷却方式において風冷か、水冷かの問題は第2表の統計がこれを雄弁に物語っている。すなわち冷却水系統の事故は排気装置のそれとほぼ匹敵する。しかも冷却水系統の事故は整流器の運転を休止に至らせる可能性が大きく、風冷方式が断然すぐれていることは自明の理である。

(3) 封じ切り水銀整流器の特長

(A) 運転上保守が著しく簡略となる。

封じ切り型においては排気装置が一切不必要となるので、真空を常時監視する必要はない。定期的に（たとえ

第 1 表 水 銀 整 流 器 の 型 式

Table 1. Type Form of Mercury Arc Rectifier

排 気 形 式		ポンプ付き		封 じ 切 り	
冷 却 方 式		水 冷	風 冷	水 冷	風 冷
多 陽 極 型		×	×	—	×
		○	○	—	○
単 陽 極 型	エ ク サ イ ト ロ ン 型	×	×	×	×
		○	○	—	○
	イ グ ナ イ ト ロ ン 型	×	×	×	—
		○	○	—	○

(注) × 欧米にて製作されたもの
○ 本邦にて製作されたもの

第 2 表 事 故 統 計 表 (排 気 型)

Table 2. Trouble Statistics (Exhaust Type)

	多 極 水 冷		単 極 水 冷	
	%	順 位	%	順 位
交 流 側 開 閉 器	13.9	3	22.2	3
主 変 圧 器	6.8	7	0.	6
整 流 タ ン ク	10.6	5	8.9	5
排 気 装 置	29.6	1	23.6	2
冷 却 装 置	19.0	2	31.2	1
点 弧 装 置	10.7	4	14.1	4
直 流 側 開 閉 器	9.4	6	不明	—

(注) (i) 本統計は米国において整流器を使用せる変電所の実態調査記録を基にして作成した
(ii) 本統計の水銀整流器は何れも排気型である
(iii) 事故の%は事故の性質による比重を加味した

ば 3 箇月に 1 回) 真空を測定すればよい。つぎに整流器を据付けたり、あるいは交換する場合には電気回路の接続を完了すれば、直に運転することができる。なお排気装置がないため、占床面積が縮小され、かつ単極型ではさらに整流タンクの配列の自由度を利用してその利用率を高めることができるのも長所の一つである。

(B) 製作上排気型とかなり特異性を有する。

(i) 構造上の特異点

封じ切り型においては、各電極封緘部は従来の水銀整流器とは格段に異なる。封緘部としては気密度は最高なることが要求される。また電極封入部たることから絶縁耐力および熱的機械的、衝撃に強固にして安全なるものが望まれる。つぎに真空槽および内部構造物はガス抜きを完全にして、吸蔵ガスを最小にしてかつ漏洩を極少たらしめ、数年ないし十数年運転することにより、真空低下を規定値以内に抑えねばならない。このためには使用材料は自ら特殊材料を選定し、その処理は特殊方式を採用しなければならない。

(ii) 型式の特長

封じ切り整流器はその製作上特殊処理を必要とするの

で、運転に入つた整流タンクが万一内部故障および真空低下などの場合には、従来の排気型のごとく現地で蓋開け修理ということはできない。即ち事故時には原則として、事故整流タンクは工場に返送して再組立することになる。そのため現地運転に関しては、従来以上に予備器あるいは予備槽の設置が有利となる。製作上からは特殊処理を行う関係上、標準化した整流タンクを量産することにより、機器のコストを引下げうる。ゆえに封じ切り整流器は、各メーカーによつてそれぞれ標準化した器種となることは当然であろう。

〔III〕 日立封じ切り風冷エキサイトロン整流器

(1) 型 式

日立封じ切り整流器は「風冷エキサイトロン型」であるが、この型式を採用せる理由はつぎの通りである。

イグナイタを使用せるイグナイトロン型では、その事故は国内には長年の実績がないため米国の実績を調査した結果ほとんど点弧装置に集中されている。これは**第3表**および**第4表**の統計が如実に示している。従来イグナイタの寿命は約 3~4 年といわれているが、**第4表**の統計でもこれを立証している。イグナイタを使用する場合にはアマルガムの発生などがしばしばイグナイタの点弧漏れを発生することは広く認められているところで、整流タンクの処理などもエキサイトロン方式に比して相当厄介となる。このため封じ切りイグナイトロン整流器では、寿命を規定する最有力因子は点弧装置たるイグナイタであると考えられる。ゆえに日立製作所ではイグナイタを使用しないエキサイトロン型を採用した。

しかしエキサイトロン型を使用するためには、陰極封緘を必要とする。陰極封緘は、整流器特性上相当寸法的には大型となり、製作上問題がある。日立製作所では陰極封緘の製作に日立研究所および製罐関係者の努力を集中して、信頼度の高い封緘を完成することができた。

つぎに単極型を採用せる理由は、良好なる運転特性をえやすい型式であるとともに、製作上の優位性、すなわち製品の歩留り、多量生産の見地より多極型より断然すぐれているためである。

(2) 整流タンクの構造

封じ切り型では運転許容最大真空圧力を 10μ とし、10 年間で 10μ に達するとすれば、真空容量に応じて、漏洩量として $10^{-5}\sim 10^{-6} \mu\text{l/s}$ が要求される。他方異常負荷などの原因により内部構造物よりガス放出が行われる場合にも整流タンクの真空低下が考えられる。そこで封じ切り水銀整流器を製作するにあたりつぎの諸点が問題となる。

第 3 表 事 故 統 計 表

Table 3. Trouble Statistics

	%	順 位
交 流 側 開 閉 器	16.6	3
主 変 圧 器	7.6	5
整 流 タ ン ク	13.9	4
真 空 不 良	0.	6
冷 却 装 置	22.0	2
点 弧 装 置	39.9	1

- (注) (i) 本統計 (第3表および第4表) は米国において、整流器を使用せる変電所の実態調査記録を基にして作成した
(ii) 本統計の水銀整流器は封じ切り水冷イグナイトロンである
(iii) 事故の%は事故の性質による比重を加味した

第 4 表 封じ切りイグナイトロンの寿命

Table 4. Life of Sealed-off Ignitron

使 用 開 始 後	事 故 ユ ニ ッ ト 数
1 年 未 満	2
1 ~ 2 年	5
2 ~ 3 年	4
3 ~ 4 年	26
4 ~ 5 年	4
5 ~ 6 年	3
6 ~ 7 年	2
7 ~ 8 年	1

- (A) 使用材料および整流タンク構造の気密性、ガス抜き、真空熔接施工上からの決定
(B) 陽極、陰極封緘の選定
(C) 真空漏洩検出法

(i) 整流タンクには構成材料としては、低炭素鋼板を用い、これに特殊処理を施してガス抜きを完全ならしめた。(水冷方式では、冷却水に基因する発生機水素の浸透があるが、風冷方式では考える必要がないから、工作上不便な不銹鋼を使用する必要はない。)

また内部構造物はそれぞれ運転時の到達最高温度を考慮して、ガス抜きを行う。特に電極構成材料たるグラフアイトは最もガスを大量に吸蔵し、かつ容易に放出しない。ゆえにこの予備化成は特に慎重を要する。

(ii) 整流タンクは風冷式であるので、整流器を最適温度において運転するためには整流タンクの冷却能力を適当にすることが必要となる。しかるに風冷式では冷却媒質が空気であるため、その冷却効率は著しく悪く、局部的な過熱および過冷を発生しやすく、かつ整流タンク寸法は大きくならざるをえない。日立製作所では整流タンク器槽などに使用する冷却片には熱伝導率高き材料を採用し、熱交換を良好にして局部的な温度の不平衡を防止し、冷却効果を向上させた。その結果寸法小にして大なる冷却能力を備え、運転上好ましい温度分布を保持することができた。

(iii) 内部構造に関しては、詳細にのべることはできないが、格子の消イオン作用、短絡遮断特性の改善、電弧電圧降下の低減などを目的として、二重籠型格子を採用したが試験結果はその目的を十分に果しえた。整流器の運転特性については、整流タンクの水銀蒸気圧の状態および分布が最も大きい影響を与える。これを運転特性によく適合させるためには、器槽および陰極部の冷却能力、アーク通路、スプラッシュバップルに関しては、日立研究所木村氏の研究を基にして、設計、検査の協力により内部構造を決定した。この構造の良好であることは、後述の工場および現地運転の結果により立証された。

(3) VE シール

日立製作所で製作した VE シールは英国 GEC 社において、世界最初の封じ切り整流器を製作した際に採用したシールと同一原理によるものである。日立 VE シールは軟鋼板に特殊処理を施し、この膨脹係数と一致させた耐電圧特性の良い特殊耐熱ホーローを高温にて焼成した封緘である。接着機構はホーロー中のコバルトが鉄板中に喰込み、鉄板、酸化物、ホーローに順次に融け合つた永久封緘方式である。VE シールの特長はつぎの諸点である。

(i) 機械的強度が大きい

フェルニコシール（コバールシール）に比して、接着機構上より本質的に断面係数を大きくとれるので、機械的強度は大きく、陽極部に複雑な機械的補強構造を必要とせず、また異常負荷時に陽極ロッドに発生する熱応力も封緘部にはなんら影響なく安全な構造となつている。その結果加速度 3g に対しても十分なる安全率をとることができた。

(ii) 微細漏洩のおそれがない。

VE シールでは、接着機構上きわめて安定せる酸化物を中間層とする封緘方式であるので、焼嵌を利用せるガラスシールにしばしば発生する微少漏洩——主として酸化物層の不安定性によるものと考えられている——のごときことは全くなく、きわめてガス気密度良好で温度の変化に対しても安定した方式である。

(iii) 陰極シールが製作可能である。

陰極シール完成の可否が型式、構造に影響するところが多い。したがつてその完成には試作実験を数多く行い、適当な接着、耐熔接構造が採用された。その結果本シールを採用せる封じ切り整流タンクは輸送中破損事故を発生せることなく、また交流電気機関車用試作封じ切り整流器の社内振動試験にも十分耐えてその特長を発揮した。

(4) 真空熔接の問題

前述のごとく封じ切り整流器において、真空熔接は非

常に重要な意味を持つ。その施行法の不良は整流タンクの歩留りを悪化し、かつ寿命を短縮させることになる。また熔接部構造不適當なときは、漏洩の検出に多大の時間と労力を必要とする。ゆえに構造上からは極力真空熔接部を減少させるためにプレスを活用し、機械加工によりフランジ類を作ることを極力避けねばならない。施工法については、真空熔接部の形状、材質によりそれぞれ最も適合した方法を採用しなければならない。真空熔接炉は限られた漏洩量に抑える必要があるので、熔接技術としては最高級のものが要求されるこの点に関しては製罐関係者の努力により、熔接部に応じて、原子水素熔接、ヘリアーク熔接などを駆使して完璧なものとなり、製品の歩留りはほとんど 100% である。

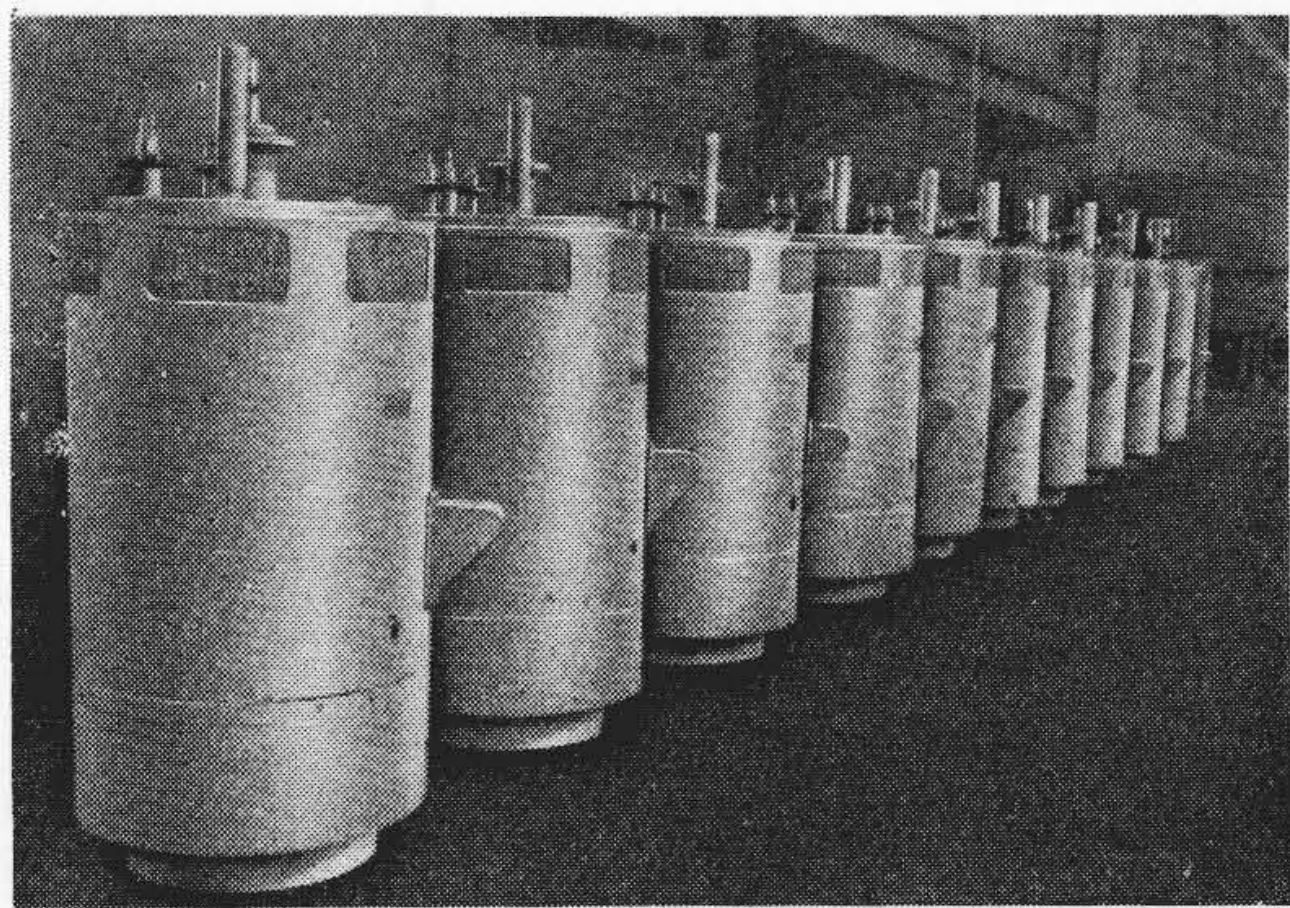
(5) 漏洩検出

封じ切り整流タンクでは漏洩量は前述のごとく $10^{-5} \sim 10^{-6} \mu\text{l/s}$ なることが要求される。この漏洩量は直径 10^{-3} mm 程度の孔よりの漏洩する場合に相当する。従来の実用された漏洩検出法では最高感度は $10^{-3} \mu\text{l/s}$ に過ぎないので、漏洩量を定量的に測定するためにはヘリウム漏洩検出器が必要である。ヘリウム漏洩検出器は質量分析計の原理によるもので、日立製作所では CEC 製および日立多賀工場製のヘリウム漏洩検出装置を設備している。被検出物容積の大なる程その実効感度は低下し⁽¹⁾、かつ漏洩検出上の諸操作を考慮すれば整流タンク真空容積の小なる単極型が有利である。實際上使用した場合は $1 \times 10^{-6} \mu\text{l/s}$ の実効感度がえられた。これは漏洩量測定には十分なる値で、整流タンクの真空低下率を定量的に表現することができる。

(6) 製作上の問題

(i) 前述のごとく封じ切り整流器製作上より、従来の排気型と異なり新しい問題を呈示する。すなわち真空熔接、漏洩検出、使用材料の特殊処理などは寸法小なる単極型は多極型より封じ切り整流器においてより優位性を占めることはあきらかである。また不良タンク発生すれば、そのタンクのみを再組立しうる。さらに現地運転保守上も不良タンクの影響は他の健全タンクに波及せず、かつ不良タンクのみ交換すれば直に全負荷運転可能となる。しかも交換時には単槽となるからその重量軽量にして特別の吊上設備を必要とせずきわめて短時間で終了することができる。かゝる理由から単極型は封じ切り整流器においては、特にその特長を発揮しうる型式である。

(ii) 組立作業は特に迅速に行い大気中に曝らす時間を最小限度として、ガスの吸着、錆の発生、ホコリの附着を極力避ける必要がある。ゆえに組立作業の適否はその後の整流タンクの処理において大きな差異を生ずる。そこで組立方式は多量生産方式を採用して組立時間の短



第1図 封じ切り完了せる整流タンク群

Fig.1. Tank Group after Sealed-Off

縮を計り、漏洩不良タンクの発生を抑えねばならない。このため組立作業に特殊工具が必要となり、かつ部品類の互換性を持つことが望ましい。組立作業は清浄なる場所にて実施することが望まれる。日立製作所ではエアーコンディションをした特別の組立室を設備して、組立作業を実施している。第1図は封じ切り完了した整流タンク群を示す。

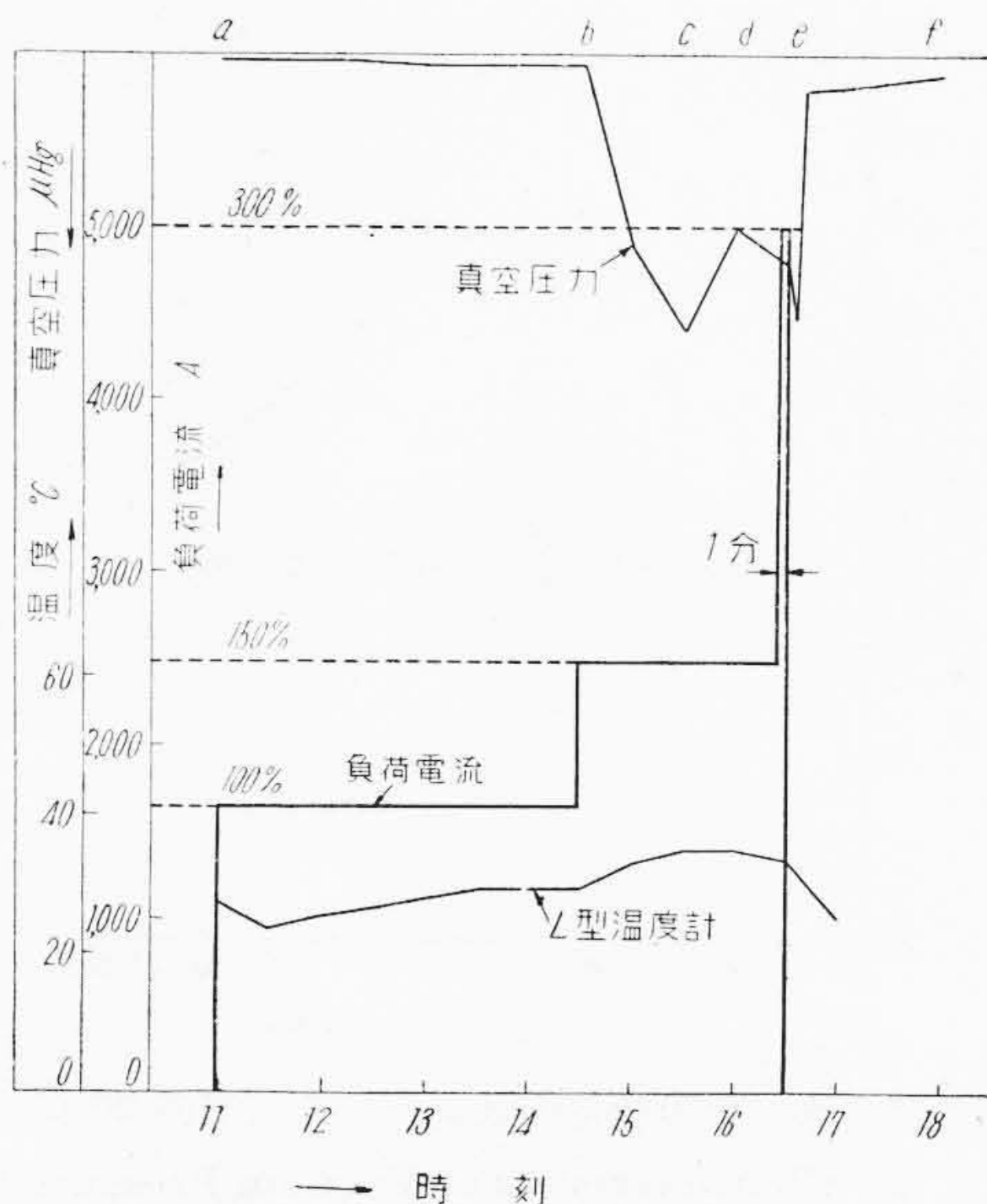
〔IV〕 封じ切り整流器の真空圧力について

(1) 寿命

封じ切り整流器の寿命は製作上からいえば、整流タンクの内部構造物の破損および真空低下による機能の喪失が考えられる。しかるにエキサイトロンにおいては、寿命を決定づけるといはれているイグナイトを用いないので後者のみを考慮すればよい。前述のようにその原因と考えられる整流タンクの気密不良は、ヘリウム漏洩検出器により気密度 $1\mu/\text{年}$ 以下におさえられ、またガス抜き作業は入念に実施されているので製作面に起因する真空低下は問題ないと考えられる。一方、運転上からいえば負荷の性質、整流器の過負荷耐量が問題である。すなわち、真空低下は過負荷、逆弧、短絡事故の大きさおよび頻度に起因する。工場試験において人工逆弧試験および負荷インバータを人工的に転流失敗させて行つた短絡試験では、真空圧力の変化がないことを確認している。

製作上、運転上からガス放出を最小におさえられた整流タンクにおいて、さらに寿命を実効的に大とする現象がある。それは古くから研究され文献⁽²⁾に紹介されているように低圧力のガス中における放電によりガスが消失し真空がよくなる現象、すなわちクリーンアップ現象である。この現象はガス分子が放電によりイオン化され、内部エネルギーを増し金属表面に結合する現象であつて、化学的吸着といわれる。

第2図は封じ切り整流器の予備試験として直空コック



第2図 クリーンアップ試験

Fig.2. Diagram of Clean-up Test

を閉じ 1,000 kW 600 V 容量として 100% 連続, 150% 2時間, 300% 1分間の負荷を繰返しかけたときの一例である。

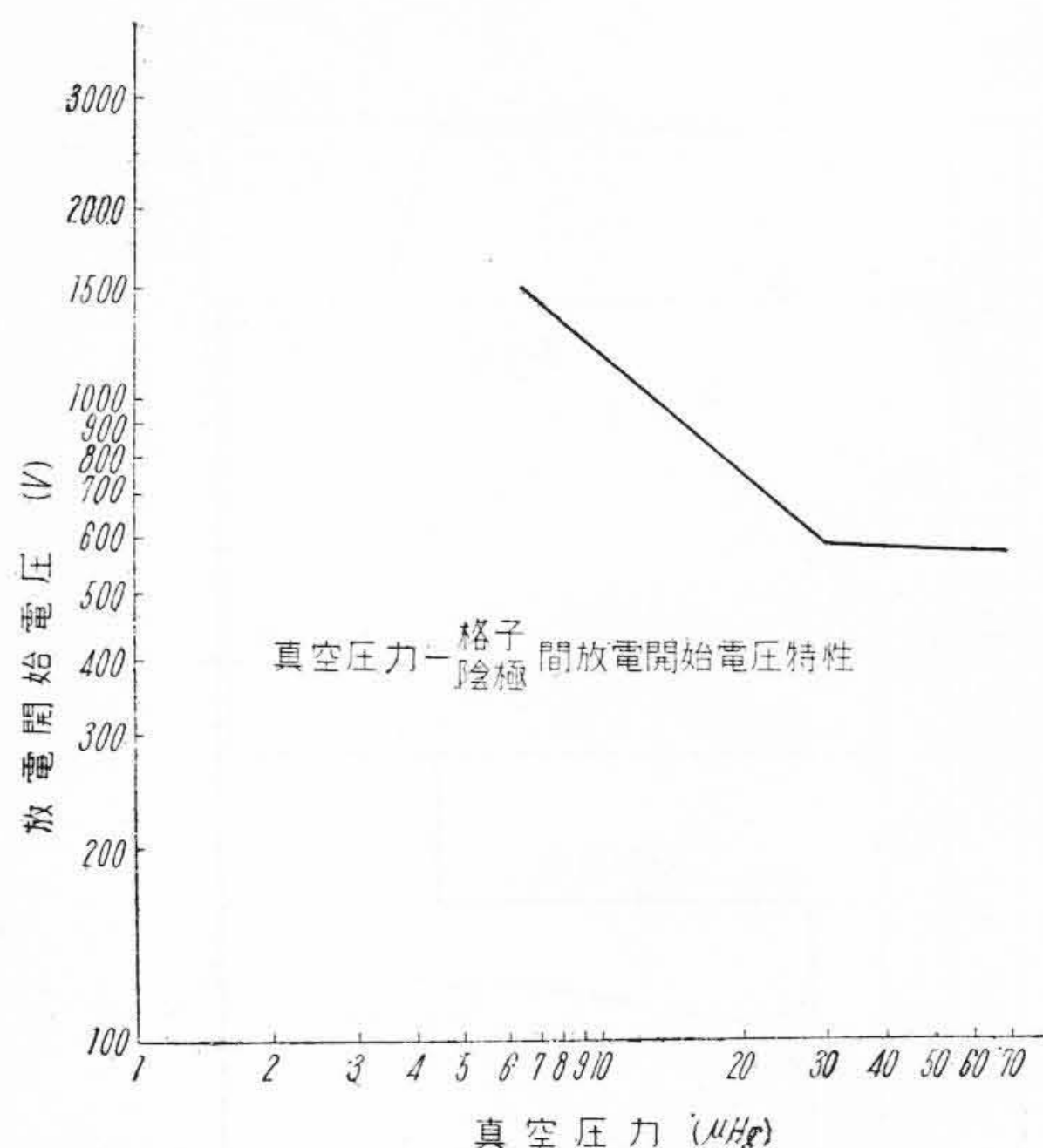
整流タンク内真空圧力は内部構造物からのガス放出とクリーンアップ現象によるガス吸着とが平衡した点の真空圧力を示すと考えられる。 $a-b$ すなわち 100% 負荷に対しては、吸着ガス放出に勝り真空低下はみられない。 $b-c$ すなわち 150% 負荷ではガス放出大で真空低下がみられるが、 $c-d$ では吸着が大で真空はよくなる。ガス放出のみであれば真空圧力は低下しつづけるであろう。 $d-e$ で再度低下するのは内部構造物の温度上昇によると思われる。300% 負荷後真空圧力は急激に回復した。 f における真空圧力は翌日 a における値とほぼ同一値を示した。本試験期間 100%, 150% 負荷の平衡時の真空圧力はほとんど変化がみられなかった。

(2) 真空圧力判定法

封じ切り整流器の真空圧力判定装置には種々あるが、現在各メーカーで採用している真空圧力判定方法は

- (i) 整流タンク任意電極間の放電開始電圧測定
- (ii) 格子点弧電圧測定

により真空圧力を判定するものである。これらの方法は無負荷時の静的真空圧力を判定するものである。しかるに無負荷時の静的真空電圧と負荷時の動的真空圧力とは一致しない。そして問題となるのは動的真空圧力であるから静的真空圧力により整流タンクの寿命を判定するのは早計である⁽³⁾。一方保守上静的真空圧力を測定すれば



第3図 真空圧力放電開始電圧特性 (室温 20°C)

Fig. 3. Characteristics of Vacuum Pressure to Discharge Starting Voltage (at 20 °C)

整流タンク相互間の真空圧力の相違を知りうるので特定の整流タンクの状態を検知することはできる。したがって整流タンクの寿命を決定するのは、逆弧頻度であり真空圧力の判定はその一資料を提供することとなる。かゝる意味から真空圧力判定は常時行う必要なく定期的に行う方がよいと考えられる。

日立製作所の真空圧力判定法は格子陰極間に直流電圧を印加し、その放電開始電圧と真空圧力とが Paschen の法則にしたがうことを利用したものである。本方法によれば、比較的低い直流電圧で測定できる利点がある。

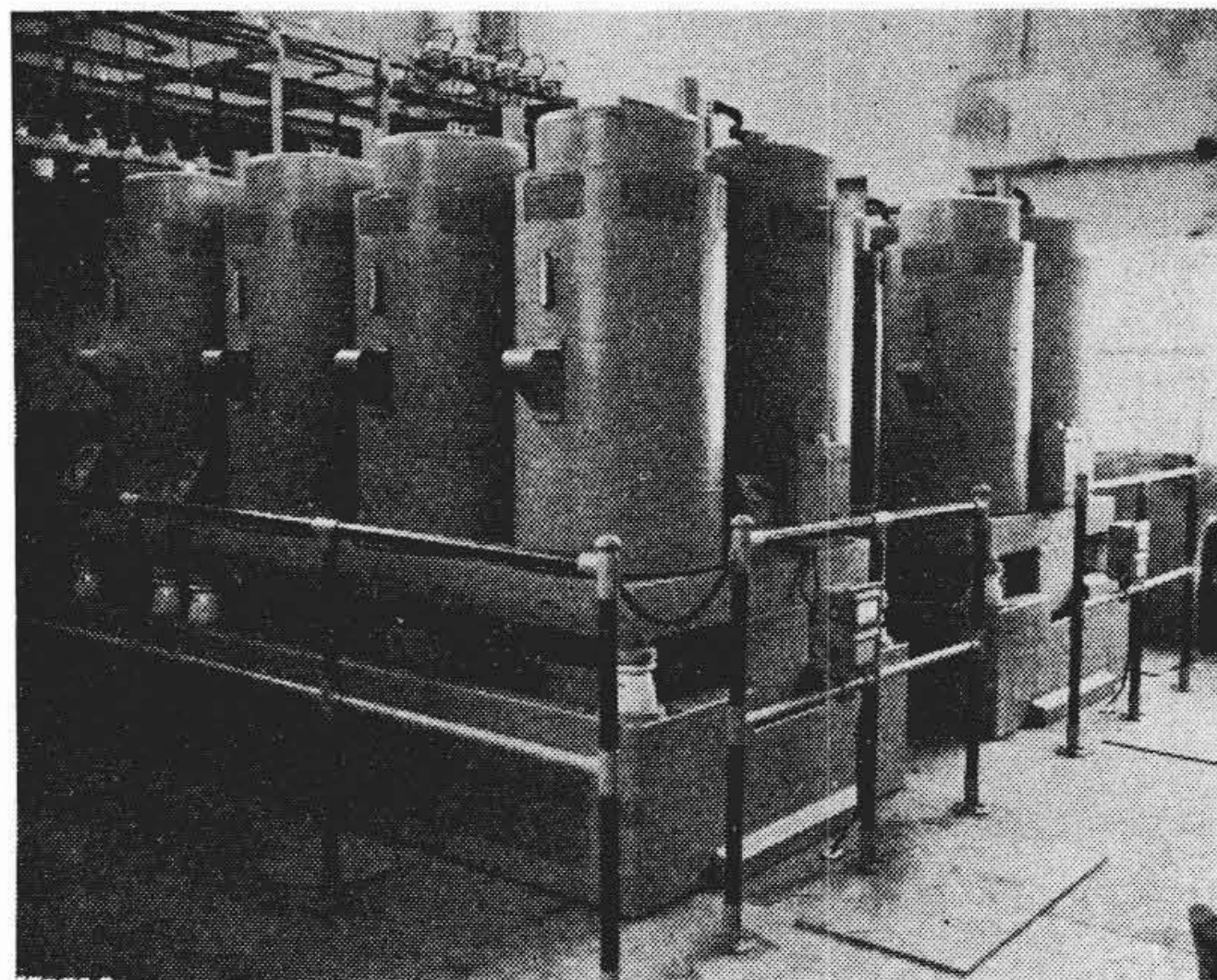
第3図はその校正曲線を示す。5~30 μ にわたりほぼ直線的に変化し判定に問題となる真空圧力はこの範囲にあるので実用上十分である。5 μ 以下の範囲はタンク温度に相当する水銀飽和蒸気圧の影響が現れるため判定の信頼度をかくこととなり、30 μ 以上の範囲では Paschen の法則の最低放電開始電圧に相当する圧力範囲に入つたものと考えられる。

〔V〕 日立封じ切り水銀整流器の諸特性

現在日立製作所で多量生産を行つている整流器の仕様はつぎの2形式である。

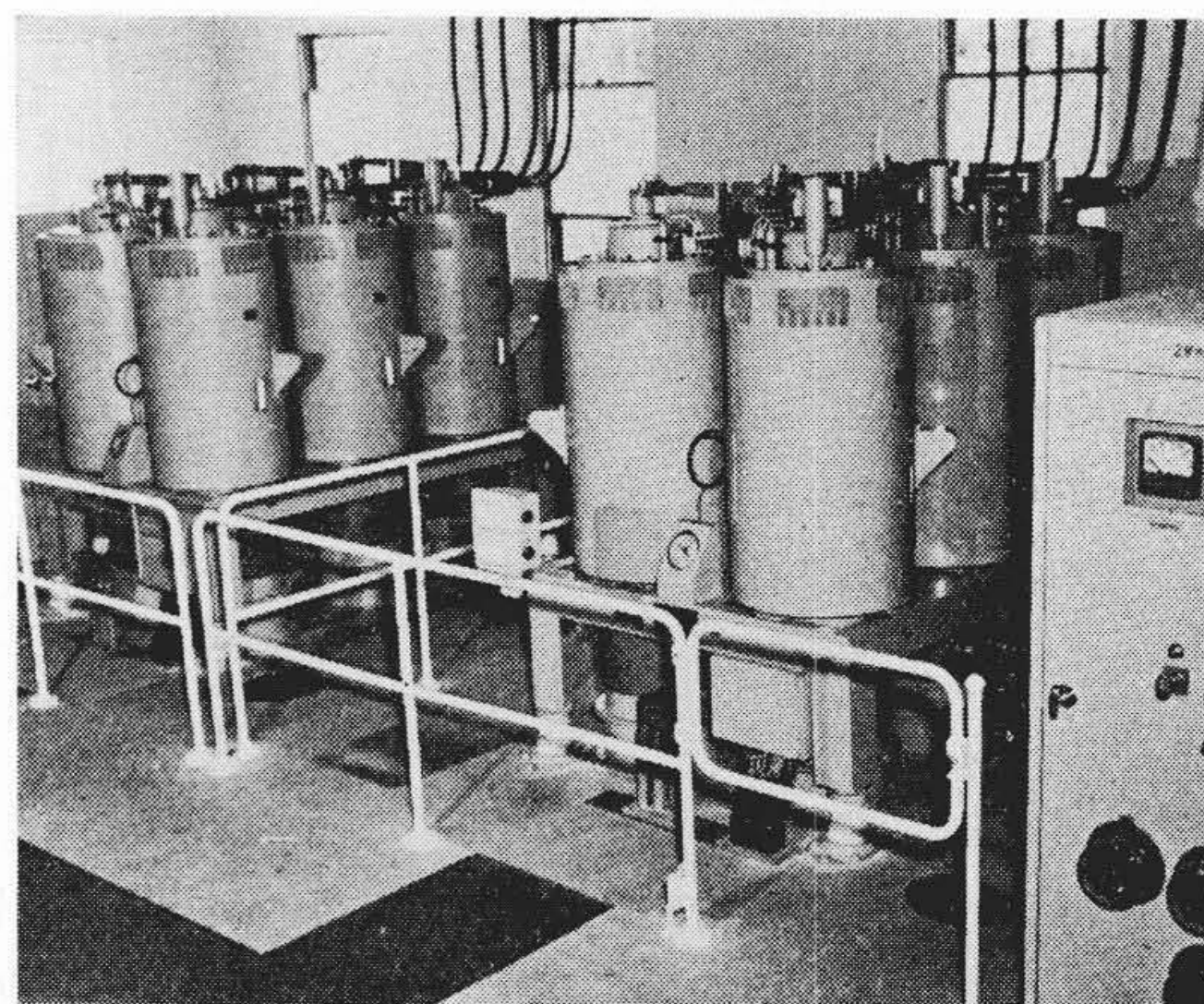
型 式	封じ切り風冷エキサイترون 6 陽極方式	
出 力	2,000/1,000 kW	1,000/500 kW
電 圧	1,500/600 V	1,500/600 V
電 流	1,333/1,666 A	666/833 A
定 格	重負荷公称定格	重負荷公称定格
封 緘	VE シール	VE シール

第4図および第5図はそれぞれ近畿日本鉄道株式会社



第4図 近畿日本鉄道株式会社納 3,000/1,500 kW 1,500/600 V 超重負荷公称定格封じ切り風冷エキサイترون整流器

Fig. 4. 3,000/1,500kW, 1,500/600V Super Heavy Load Nominal Rating. Sealed-off Air-Cooled Excitron Mercury Arc Rectifier



第5図 京王帝都電鉄株式会社納 2,000/1,000 kW 1,500/600 V 重負荷公称定格封じ切り風冷エキサイترون整流器

Fig. 5. 2,000/1,000kW, 1,500/600 V Heavy Load Nominal Rating. Seale-off Air-Cooled Excitron Mercury Arc Rectifier

および京王帝都電鉄株式会社に納入された封じ切り整流器の現地写真である。

(1) 水銀整流器に要求される運転特性について

(i) 安定運転温度帯の広いこと

水銀整流器は特性上機器固有の運転最適温度帯がある。すなわち低温度では水銀蒸気の過少に伴つて、異常電圧、失弧の発生を生じやすい。これを防ぐために従来より器槽加熱器などで整流タンクの温度を所定の値にまで上げて運転に入れる。この異常現象は負荷電流値と密接な関係がある。そこで整流器運転としては、運転温度

の下限が低いことは起動準備に時間を要せず、いつでも大なる負荷を取りうることを意味する。特に冬期の保守が著しく容易となる。電動力応用、電解化学用では負荷の性質上、起動時およびその直後に大なる電流を取る場合には必要な特性である。また整流タンク温度が特定の値を越すと、水銀蒸気圧の過大、陽イオンの過剰に基因して逆弧発生の確率が高くなることが従来認められている。いわゆる正常逆弧がこれに相当する。上限の温度が高いのは周囲温度が高く負荷率大なる場合でも安全に運転できることを意味する。ゆえに整流器保守にとつては運転温度の上限が高いことが望ましい。日立製作所で製作した封じ切り整流器は設計上かゝる点を十分に考慮して、器槽各部の温度分布、格子を始めとする内部構造物の消イオン作用を適当に調整して安定運転温度帯上下限の拡張を計った。その結果 15°C より 70°C までの広い範囲にわたって使用できることが確められた。この数値は本整流器が温度の変化に対してきわめて安定した特性を有し、運転保守上きわめて取扱いの容易な機器であることを示すものである。

(ii) 尖頭負荷耐量高く再起動特性良好なること。

水銀整流器の特長の一つに瞬間的な過負荷耐量が大いことがある。この点は反面、水銀整流器を使用する負荷の性質上からも強く要求される。すなわち電鉄用、電動力応用はいずれも平均負荷率低く、尖頭負荷率大なる性質を有する。尖頭負荷が印加される場合には整流タンクの状態により、その影響は各様であることは前に述べた。すなわち整流タンク内部の水銀蒸気圧および蒸気の流動は過渡的な変化を受ける。内部構造によりその変化は種々あるが、内部構造物の熱時定数に比して通常運転中に遭遇せる尖頭負荷の印加時間は比較的短い。ゆえに整流タンク内部では尖頭負荷によつて著しい影響を受けるのは水銀蒸気のみとなる。このことは水銀整流器にとつて尖頭負荷に対する特性は、定常状態におけるそれとはその内容において異なることが考えられる。ゆえにわれわれは尖頭負荷に対する特性の改善に努力したが、十分にその目的を達した。

つぎに風冷式整流器にとつて看過することのできない問題として、全停電後の再起動がある。全停電時は冷却扇は停止し、器槽の冷却は自然対流および輻射のみとなる。他方整流タンク内部は運転中加熱赤熱状態にあるので負荷停止後も内部より熱輻射が盛んに行われる。そのため全停電すると整流タンクの温度は相当に上昇することになる。しかも水銀整流器はその起動がすこぶる簡単であり、特に封じ切り整流器が使用される変電所では無人化された場合が多い。この場合には自動起動方式により受電回復すれば僅々数秒にて自動的に運転に入る。取

りわけ隣接変電所の主器が回転変流機のごとく、起動に必要なとする時間が長い場合には、整流器再起動とともに相当苛酷な負荷が加わることが考えられる。ゆえに整流器の特性として、全停電後の再起動特性が良好なることが必要である。日立製作所で製作せる整流タンクは前述のごとく冷却片に特殊材料を使用した結果、局部的な過熱はなく再起動に問題がない。

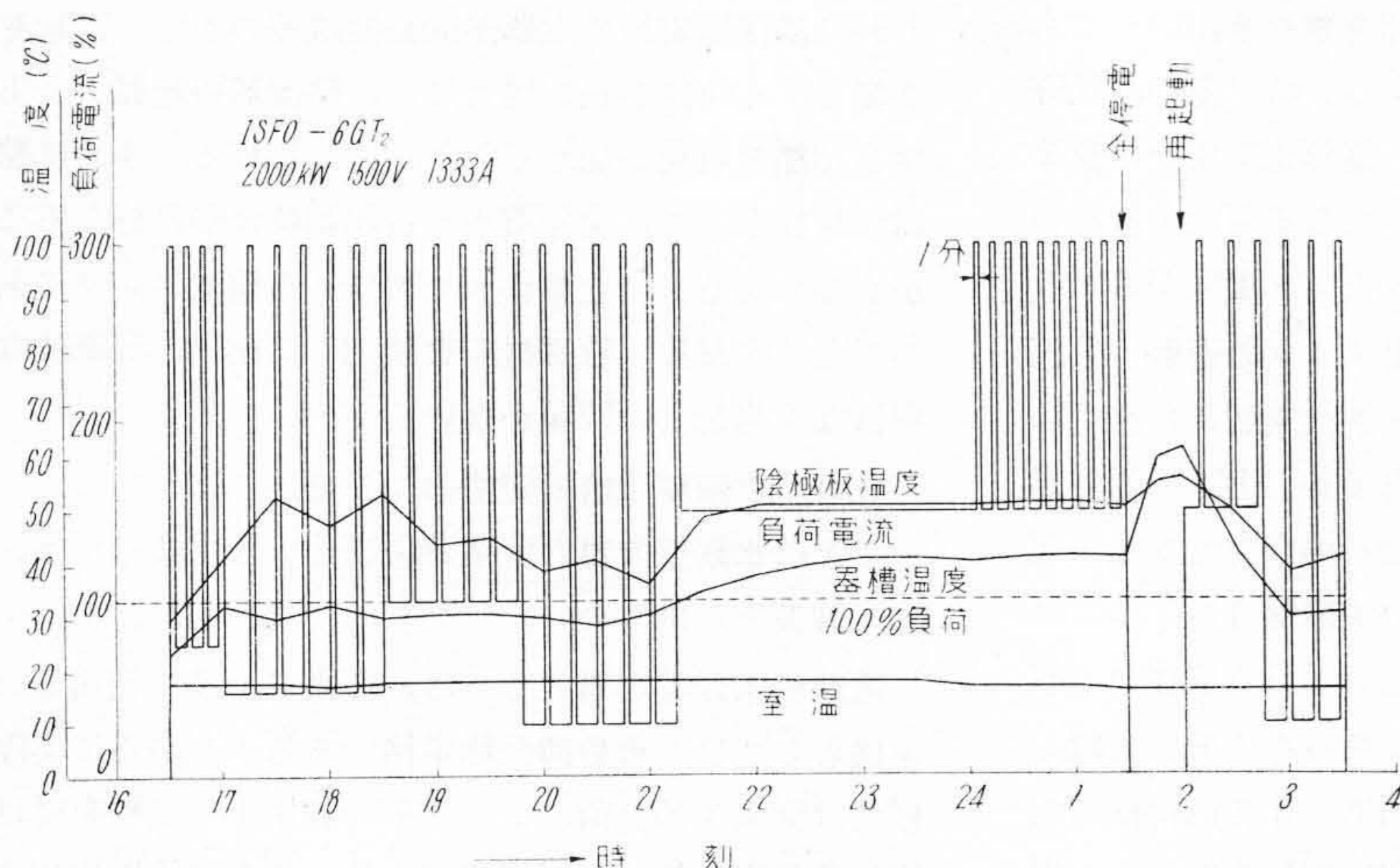
(iii) 水銀整流器の定格および使用について

こゝに水銀整流器の定格およびその使用法につき、論じて御参考に供したい。

電鉄用水銀整流器としては、従来最も多く使用された定格としては、重負荷公称定格である。しかるに実際運転では従来尖頭負荷によつてその使用上の制約を受け、平均負荷率が低いのが現状である。現在整流器の保護としては高速度継電器 (50 G) および過電流継電器 (51 G) がある。いずれも整流器用変圧器一次電流を検出して動作させる。その動作時間は 50 G ではわずかに 3~5 ms で瞬時に動作し、51 G は誘導型で時限を数秒取ることができる。従来の使用法では 50 G を 300%, 51 G を 200% くらいに整定している場合が多い。しかも現地運転逆弧発生を伴わない 50 G の動作が相当多く、51 G のそれは割合と少いことが報告されている。即ち 50 G は本来逆弧を検出すべき継電器でありながら、実際は瞬間的な過負荷を検出し、そのため整流器の運転上不都合を生じている場合が少くない。そこで整流器の使用法としては 50 G は純然たる逆弧継電器として使用し、過負荷は 51 G の整定値を上げることにより負荷率を大幅に改善しうるものと考えられる。さらに積極的には、ある値以上に負荷が増す場合には、格子制御によつて負荷を制限し、負荷を並列運転機に移行せしめる方式もある。この方式は特に平均負荷率低く尖頭負荷率高い場合に有効であろう。

(2) 社内試験および現地運転

封じ切り整流器は、製作上長期間同一構造の型式を多量生産する必要がある。ゆえに型式および内部構造の決定は種々の角度より厳密な試験と十分なる検討を必要とする。本器においては、かゝる見地より種々の特殊試験を実施し、その特性を詳細に検討した。第 6 図(次頁参照)は特殊試験の一部である。この試験において、最初電鉄負荷に類似の負荷率とし、つぎに 150% 負荷にて約 4 時間運転し、かつ尖頭負荷を重ねさせて、本器の負荷耐量を調べた。さらに全停電仮定試験および再起動試験もあわせ実施した。本器はかゝる苛酷な試験にも十分に耐ええた。すなわち本器の負荷耐量および尖頭負荷特性は電鉄用、電動力応用に使用する整流器として、最適の特性を有する。



第6図 1,500 V 特殊負荷試験
封じ切り風冷エキサイ
トロン整流器

Fig. 6. Diagram of Special Load Test at D.C. 1,500 V for Sealed-off Air-Cooled Excitron Mercury Arc Rectifier

現地運転ではすでに三変電所が営業運転を開始しているがいずれもきわめて良好なる運転成績を示し、負荷率70~80%、尖頭負荷200~250%にて負荷を取つている。運転開始後逆弧発生などの事故もなく、良好な特性を発揮している。何分封じ切り整流器は数年の運転実績を見なければ、寿命の問題、運転特性、保守上の問題についてはつきりとした結論は下されないが、今後の実績を大いに期待している。

(3) 運転方式

風冷式整流器では器槽寸法の縮小に伴い、時定数が著しく短くなった。そのため、整流器を運転するにはぜひとも器槽温度を検出することにより自動運転する必要がある。それゆえ現在使用している方式はつぎの通りである。

器槽用冷却扇	40°C 入り	30°C 切り
器槽用加熱器	20°C 入り	30°C 切り
過冷防止継電器 (主として無変電所に使用する)	15°C 入り	17°C 切り

陽極加熱器 整流器停止中投入、運転中停止

なお器槽用冷却扇は2段速度を有し、常時は低速で、夏季周囲温度が高い場合には高速で運転する方式である。現地運転の結果は平均負荷率にもよるが大体30°C~40°Cの範囲で冷却扇低速連続運転が多い様で、器槽温度はほとんど一定である。

つぎに風冷式整流器を使用せる変電所では、換気の問題がある。最近の傾向としては変電所建家の室内温度を一定の温度帯に保つために換気扇を自動運転する方式が次第に採用されるようになった。本問題についてはまた別の機会に詳細検討する予定である。

[VI] 結 言

鉄槽水銀整流器として最も好ましい型式たる、封じ切

り風冷エキサイトロン整流器を完成したが、この整流器の有する特性および保守上の優位性により、今後各方面に広く進出することが予想される。即ち

- (i) 排気装置がないため、変電所の無人化が容易である。
- (ii) 現地据付は簡単でかつ化成などを必要としないので据付後直ちに営業運転できる。
- (iii) 予備槽または事故槽の交換は簡単なる装置にて極めて短時間に実施できる。

などの特長を利用して、将来特につぎの部門にその利用が促進されるであろう。

- (a) 無人変電所、ユニットサブステーションが完全な形式となる。
- (b) 保守上簡易にして、運転停止を極度に嫌う電力応用部門への適用がより前進する。

本器を製作するに当り種々の点で難関があつたが、幸い関係者一同の異常な努力の結果によりこれを克服し、ここに本邦最初の封じ切り風冷エキサイトロン整流器を完成することができた。これは近畿日本鉄道株式会社富山部長および京王帝都電鉄株式会社江柄部長の御指導とあわせて日立製作所日立工場藤久保副工場長のもと、後藤設計部長、大内田製造部長を中心に、吉岡技術部長、芳川製罐課長、阿部電検課長、赤松電製課長、橋本主任研究員、毛利水銀整流器設計課長、今野主任、山口主任、木村主任、桑島主任その他関係各位の御指導と御援助により日立総合技術の一つの頂点として、本器の完成をみるに到つたことを附言する次第である。

参 考 文 献

- (1) R. B. Jacobs and H. F. Zahr: J'l, of App. Phys., 18, 34 (1947)
- (2) S. Dashmann: G.E. Rev., 24, 669 (July, 1921)
W. Deck: B. B. Rev., 29, 202 (Aug., 1942)
- (3) 守田: 昭和30年電気三学会論文集 2 250 (昭30.4)