

熱陰極水銀整流管の異常逆弧現象

内田 淳美* 畑 捨 三**

The Abnormal Back Fire Phenomenon of Hot Cathode Mercury Arc Rectifiers

By Atsuyoshi Uchida and Sutezō Hata
Mobara Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The writers describe the characteristics of cathode cylinder current in hot cathode mercury arc rectifiers. The cathode cylinder current, which can exist only with the plate current, often reaches the value several times larger than that of plate current, and is supposed to have a bad effect on the life of cathode along with the influence by the mercury vapor pressure.

It has been known that the back voltage of the rectifiers varies with the phase difference between voltage of anode and that of cathode filament.

The writers also discuss the behavior of the cylinder current in these phenomena.

〔I〕 緒 言

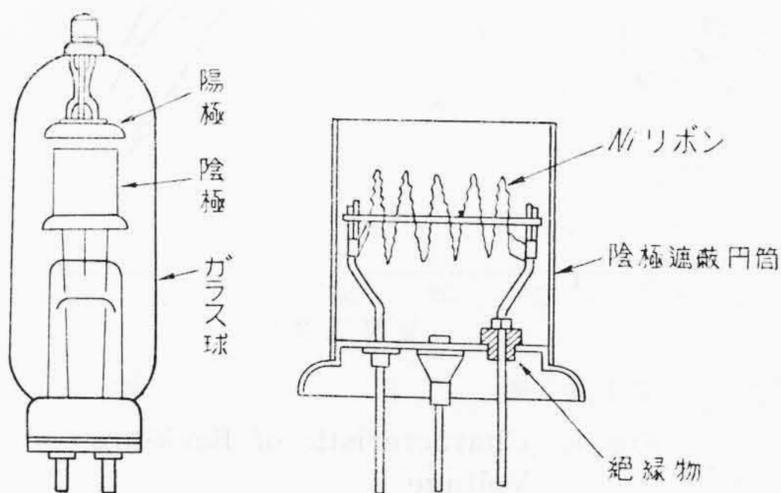
送信機の直流電源等に使用している熱陰極水銀整流管の逆弧現象に就いては幾多研究が発表されているが、猶不明な点が少くない。筆者等はこの整流管の試験中偶々従来余り観察されなかつた異常逆弧現象を見出したが、この原因が、陰極遮蔽円筒と陰極との間の放電に起因することが判明したので、これに関して行つた二三の実験並びに考察結果に就いて述べる。

最近この種の整流管は陰極の熱効率、逆耐電圧の向上を図るため、陰極の周囲に円筒を設け、これを陰極の片側に接続しているので、円筒は陰極に対し或る電位を持つことになる。普通定格陰極電圧は5V以下であるので円筒と陰極の間は放電をおこすことはないが、陽極電流が流れた状態では円筒が陰極からかなり大きな電流を捕捉することがある。陽極電圧と陰極電圧との位相関係が或る範囲にあるとこの現象は逆耐電圧を低下させる結果となり、水銀蒸気圧が上ると10kV以上低下した例が観測された。

〔II〕 整流管の構造及び逆弧試験法

本報告に於て述べる整流管は型名4H72でその定格は次の通りである。

* ** 日立製作所茂原工場



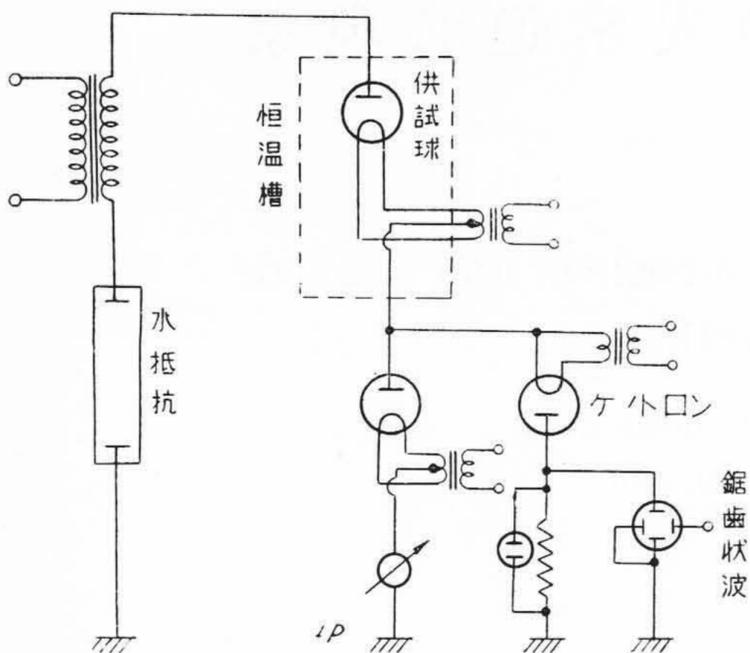
第1図 整流管4H72の構造
Fig. 1. Construction of Rectifier Tube "4H72"

第2図 陰極の構造
Fig. 2. Cathode Construction of Rectifier Tube "4H72"

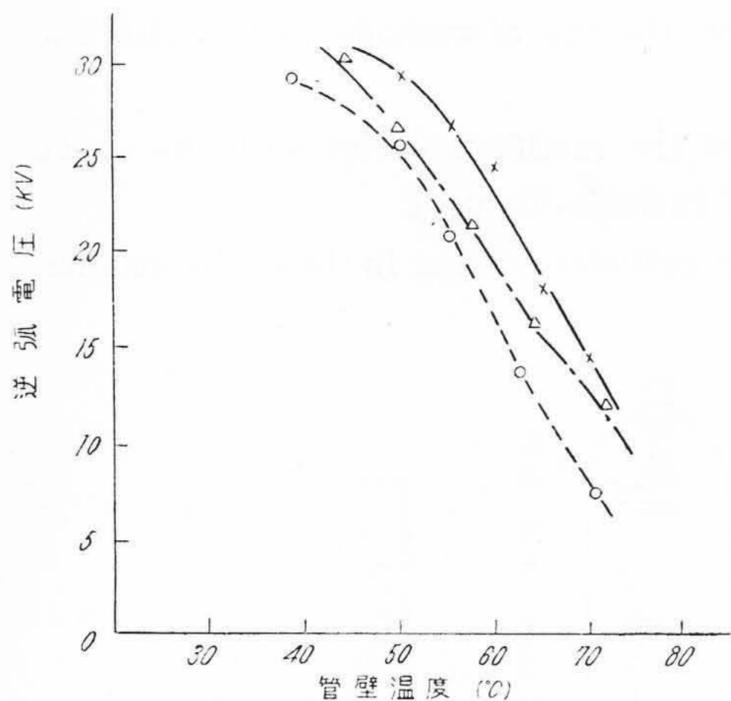
陰極電流	極.....	直熱型酸化物塗布
電圧	圧.....	5V
電流	流.....	7.5 A
陽極電流	1.25 A.D.C.
逆耐電圧尖頭値	10 kV
使用温度範囲	管壁温度 30°C~55°C

電極構造を第1図及び第2図に示す。

周知の通り水銀整流管の逆弧電圧は管内水銀蒸気圧により著しく支配されるので、逆弧試験は供試球を恒温槽に入れ、水銀凝結部分のガラス管壁温度を外側より温度



第 3 図 逆弧試験回路
Fig. 3. Back-fire Test Circuit



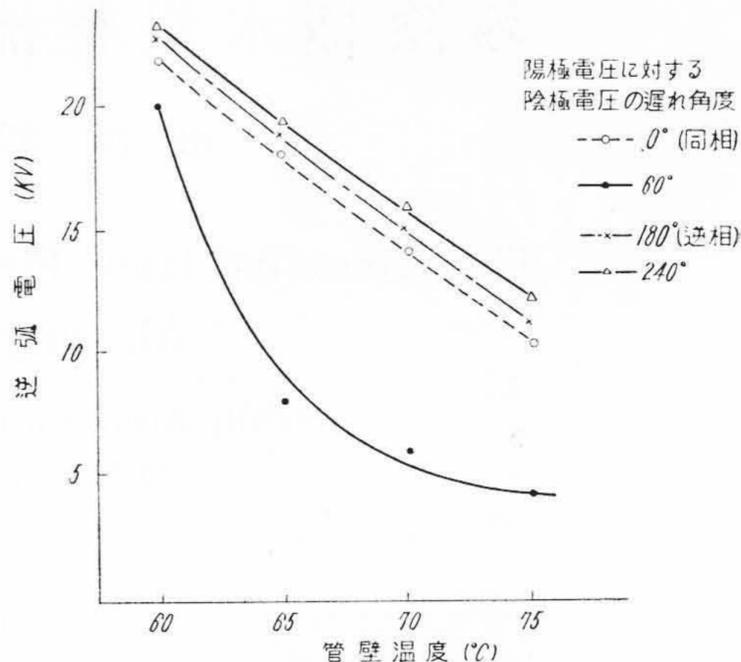
第 4 図 逆弧特性
Fig. 4. Characteristic of Back-fire Voltage

計を用いて測り、一定値 (4 H 72 では 60°C) に保つて測定する。試験回路及び逆弧特性の一例を第 3 図及び第 4 図に示す。

〔III〕異常逆弧現象

整流器に於ては陰極電圧と陽極電圧の位相関係は我国では未だ一般には注意は払われておらないようで、例えば普通よく使用される三相全波整流方式では位相差は 0°, 60°, 120°, 180°, 240°, 300° 等となっている。

今第 3 図の逆弧試験回路で陰極電圧位相を陽極電圧に対し、同相、60° 遅れ、180° 遅れ(逆相)、240° 遅れとして、逆弧電圧を測定すると、管壁温度 60°C 以下では殆ど変わらないが、これをこえると位相差 60° では異常に低下する。これは球の良否に拘わらず観測されることで、



第 5 図 E_f, E_p の位相差を変えた場合の逆弧特性
Fig. 5. Back-fire Voltage at Several Phase Differences between Cathode and Plate Voltage

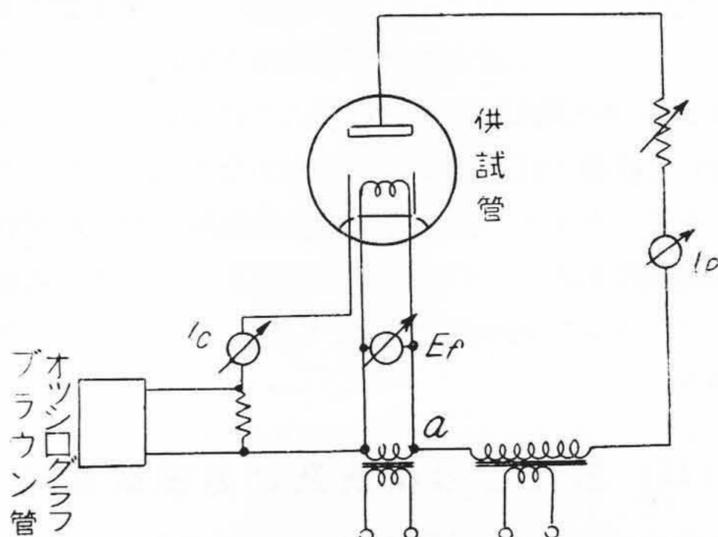
この一例を第 5 図に示す。この異常逆弧のおこる時は逆電流波形は一般の場合と異なり、又放電の色も明るみを増す。

この逆弧のおこる前陽極電流は全然変化しないのにも拘わらず、陰極回路に入れた電流計は顕著に増加を示すので、この場合織条用変圧器と陰極との閉回路に還流電流が発生していることが判明する。

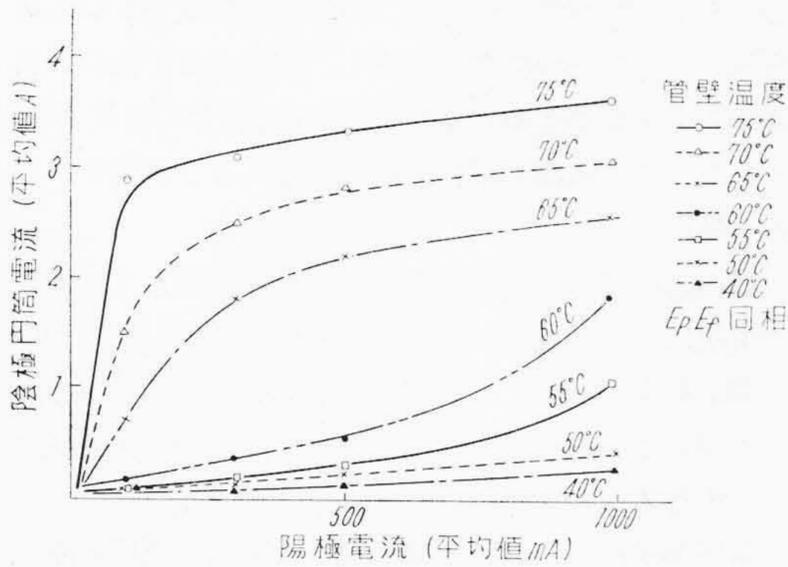
〔IV〕陰極円筒電流

陰極の構造は第 2 図に示した通り Edgewise に巻かれた所謂酸化物被覆陰極であり、これを直径約 3 cm, 高さ約 3.5 cm の Ni 円筒が遮蔽している。円筒は陰極導入線の片側に電氣的に接続されている。

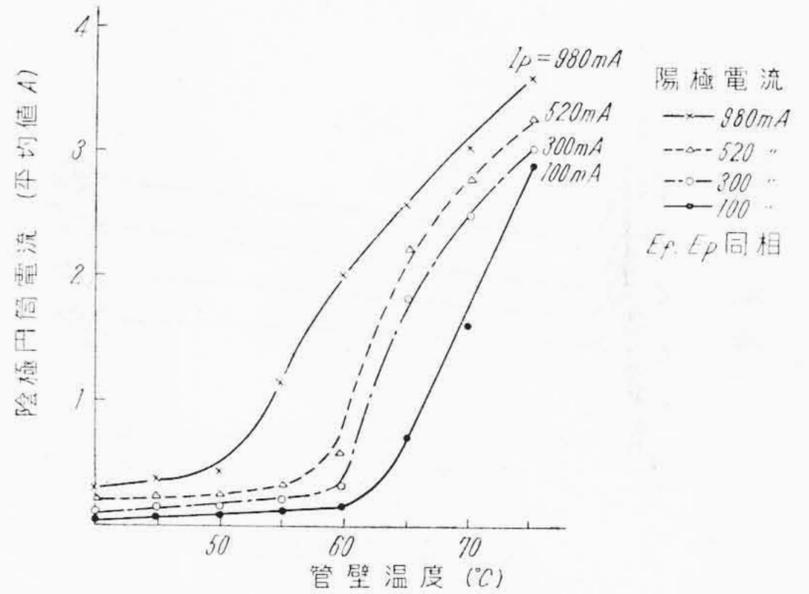
今特にこの円筒を電氣的に陰極より切離し別の引出線を出した試験球を作り第 6 図に示す回路でこれに流れ込む電流を測定した。



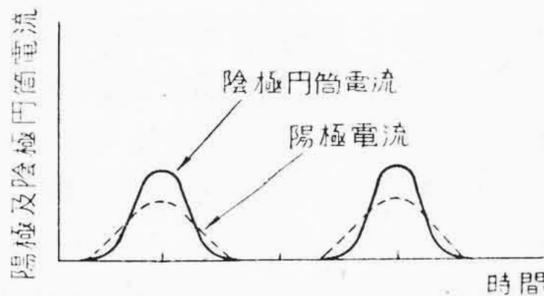
第 6 図 陰極円筒電流測定回路
Fig. 6. Test Circuit of Cathode Cylinder Current



第7図 陽極電流と陰極円筒電流との関係
Fig. 7. Relation between Cathode Cylinder Current and Anode Current



第9図 陰極円筒電流と管壁温度との関係
Fig. 9. Relation between Cathode Cylinder Current and Wall Temperature



第8図 陽極電流及び陰極円筒電流波形
Fig. 8. Wave Forms of Anode and Cathode Cylinder Current

(1) 陽極電流と円筒電流の関係

陽極及び陰極を各々の電圧が第6図の基準点 a に対して同相になるように接続し陽極電流を負荷抵抗で加減してこれと円筒に流れる電流（以下円筒電流と呼ぶ）との関係を求めると第7図に示す通りとなり、管壁温度が 60°C 以上では、円筒電流は陽極電流より遙かに大きいことがわかる。

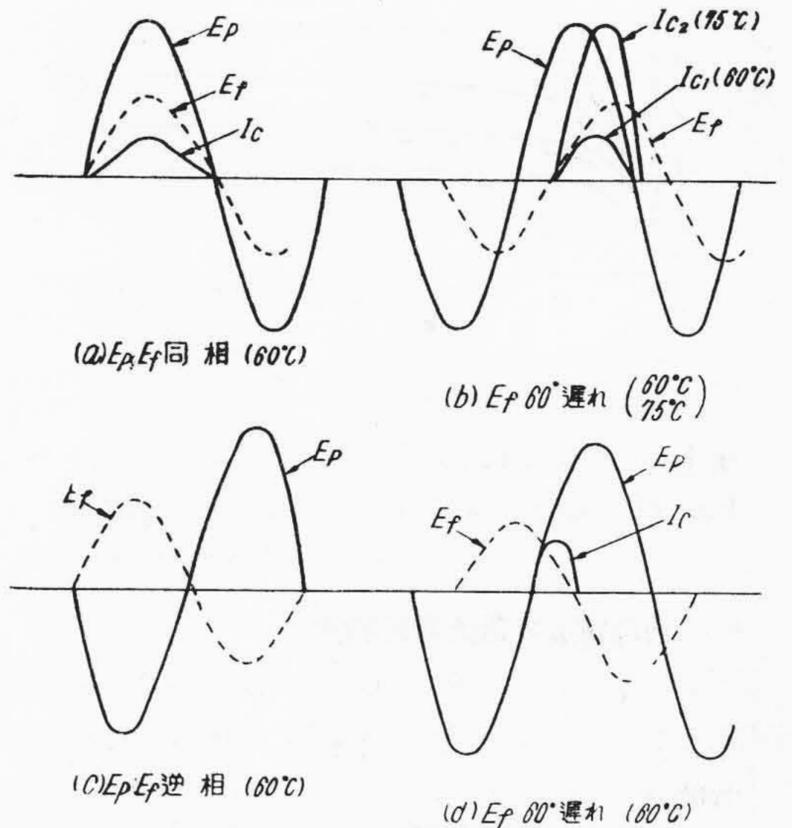
円筒電流の波形は第8図に示す通り三角波に近く、尖頭値は平均値の数倍であるので、例えば陽極電流が 1A で管壁温度が 70°C 附近では円筒電流の尖頭値は 15A 以上になる。

(2) 管壁温度と円筒電流の関係

第7図を温度対円筒電流の関係に書き改めると第9図となる。これによると円筒電流は 60°C （逆耐電圧試験温度）で急激に上昇していることが注目される。

(3) 円筒電流と陰極陽極両電圧位相差との関係

第6図に示す如く円筒電流波形をブラウン管オシログラフで観測し、これと陽極電圧及び陰極電圧の位相関係を求めたものが第10図である。(a)(b)(c)(d)はそれぞれ同相、陰極電圧 60° 遅れ、逆相、 240° 遅れの場合である。管壁温度はいずれも 65°C であるが、(b)では特に 75°C の場合も併せ示した。



第10図 陰極陽極両電圧位相差と陰極円筒電流との関係
Fig. 10. Relation between Cathode Cylinder Current and Phase Differences between Anode and Cathode Voltages

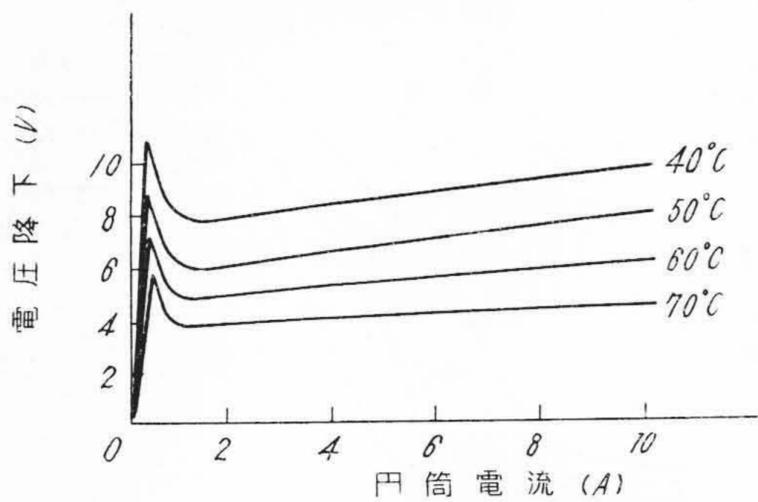
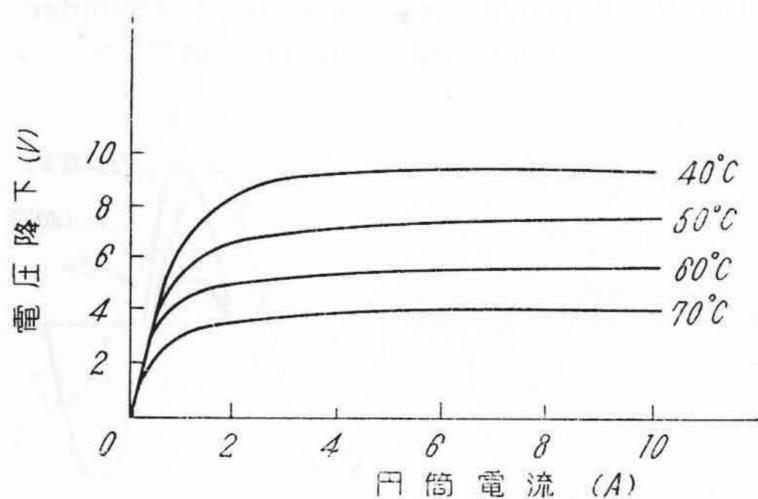
いずれの場合も円筒電流が流れるためには次の二つの条件を充たさなければならないことが判る。

- (i) 円筒が陰極に対し正の電位をもつこと。
- (ii) 陽極電流が流れていること。

但し (b) で 75°C では陽極電流が負の相でも若干流れる。

従つて円筒電流の大きさは陰極、陽極両電圧の位相差により次の如く増減する。

位相差 (円筒電流遅れ角度) $0^\circ \rightarrow 180^\circ \rightarrow 360^\circ$
 円筒電流..... 最大 \rightarrow 減少 \rightarrow 零 \rightarrow 増加 \rightarrow 最大

(a) $I_p = 100 \text{ mA, DC}$ (b) $I_p = 500 \text{ mA, DC}$

第 11 図 陰極円筒電流の電流電圧曲線
Fig. 11. Current Voltage Characteristics of Cathode Cylinder Current

(4) 円筒電流の電流電圧特性

今円筒と陰極間の電流電圧関係を見るため、陽極に直流電流を流したまま、円筒に衝撃波(50 μ s, 半波, 繰返し1秒間1~2回)を加えて、ブラウン管オシログラフでこれを求めると第11図に示す通りとなる。

陽極電流が100 mA以下では典型的な低圧弧光放電の特性を示すが100~200 mA以上になると放電開始電圧に相当する山がなくなり、電圧零より連続的に電流が増加している。又管壁温度が上昇するにつれ、電圧降下は低下し、60°C以上では6 V以下となる。

[V] 考 察

(1) 陰極円筒電流に就いて

管内水銀蒸気圧が高くなると放電開始電圧が低下するが、円筒と陰極間の電位差は最大値で7 V(5 V $\times\sqrt{2}$)であるので放電をおこすことが出来ない。しかし乍ら陽極に電流が流れていると、円筒は僅かの電圧で陰極より電流を取ることが出来る。

この現象は最近 L. Malter; E.O. Johnson 及び W. M. Webster の低圧弧光放電に関する報告⁽¹⁾に於て述

べている所であつて、彼等は円筒型陽極を幾つかの区劃に分割し、その一つに電流を流し、放電させて他の区劃の電極に電圧を加えると僅かの値で連続的に電流が流れ、しかもこの電流が最初の電極電流により制御されることを見出した。

上述の陰極円筒に流れる電流はこれに相当して、陽極電流により形成されたプラズマ中のイオンが円筒内の空間電荷を打消して恰も円筒と陰極間が一種の導体として作用しこの間にフィラメント用変圧器の二次巻線を通して大なる短絡電流が流れると推定される。

蒸気圧が更に上昇すると第11図に示す通り円筒と陰極間は4~5 Vで弧光放電を起しうることになり、円筒電流は陽極電流と無関係となり、第10図(b)に示す如く陽極が負の位相でも円筒電流が流れることになる。

(2) 円筒電流と逆弧との関係

上述より明らかなように円筒電流は陰極陽極両電圧の位相差により増減するか逆相の場合を除きあらゆる位相に於て流れるのに反し、逆耐電圧の低下は(III)に述べた如く陰極電圧60°遅れの場合著しいが240°遅れでは影響はない。

両者は第10図より明らかなように60°遅れの時は円筒電流の消える位相と陽極電圧の負になる位相が略一致しているのに反し、240°遅れの場合は陽極電圧が負になる位相の遙か以前に円筒電流は消えているという点が根本的に異つている。

前者の場合陽極電圧が負になる寸前まで陽極電流より大きな円筒電流が存在すれば残留イオンが逆弧に悪影響を及ぼすことは容易に想像される。更に同図(b)の75°Cの場合は円筒電流が負の位相でも若干流れるのでこれは逆弧に対して致命的である。

以上により円筒電流により逆耐電圧が低下する時の両電圧の位相関係は次の通りとなり、円筒電圧遅れ角度が180°と360°の間(特にその中央90°進み)が安全な位相である。

位相差(円筒電圧遅れ角度) 0° \longrightarrow 180° \longrightarrow 360°

逆 弧 危険 安全

又円筒電流に関しては陽極への逆電流が刺戟となり、これが発生することがあるが、この場合は逆相の場合が最も危険であることはいうまでもない⁽²⁾。

[VI] 結 言

陰極円筒を有する熱陰極水銀整流管ではこの円筒に電流が流れることがある。この電流は逆耐電圧を異状に低下させることがあり、又陰極の寿命等にも悪影響があると予想されるので、使用上次の点を十分考慮する必要がある。

- (i) 管壁温度を規定値以上にあげないこと。
- (ii) 陰極電圧と陽極電圧の位相関係を留意し出来るだけ陰極電圧の遅れ角度は同相より 180° の間を避けること。

この円筒電流に関してはなお幾多究明すべき点も少ない。例えば陰極及び円筒の構造、陰極の活性度、管内真空度等と大いに関係があり、又その発生機構に関する定量的な研究は今後に俟たねばならない。

終りに臨み終始御指導を賜った日立製作所茂原工場設計課長、橋本博士、福田検査課長並びに実験を直接担当

して戴いた桜井所員、山梨大学実習生曾根君に厚く感謝の意をする。

参考文献

- (1) L. Malter; E. O. Johnson; W. H. Webster "Studies of Externally Heated Hot Cathode Arcs" R.C.A. Review Vol. XII, No. 3, P. 415~435 (1951)
- (2) 黒田治夫「熱陰極水銀整流管の無負荷逆耐電圧」NHK 技術研究 June 1953, P 5~16



実用新案 第403516号

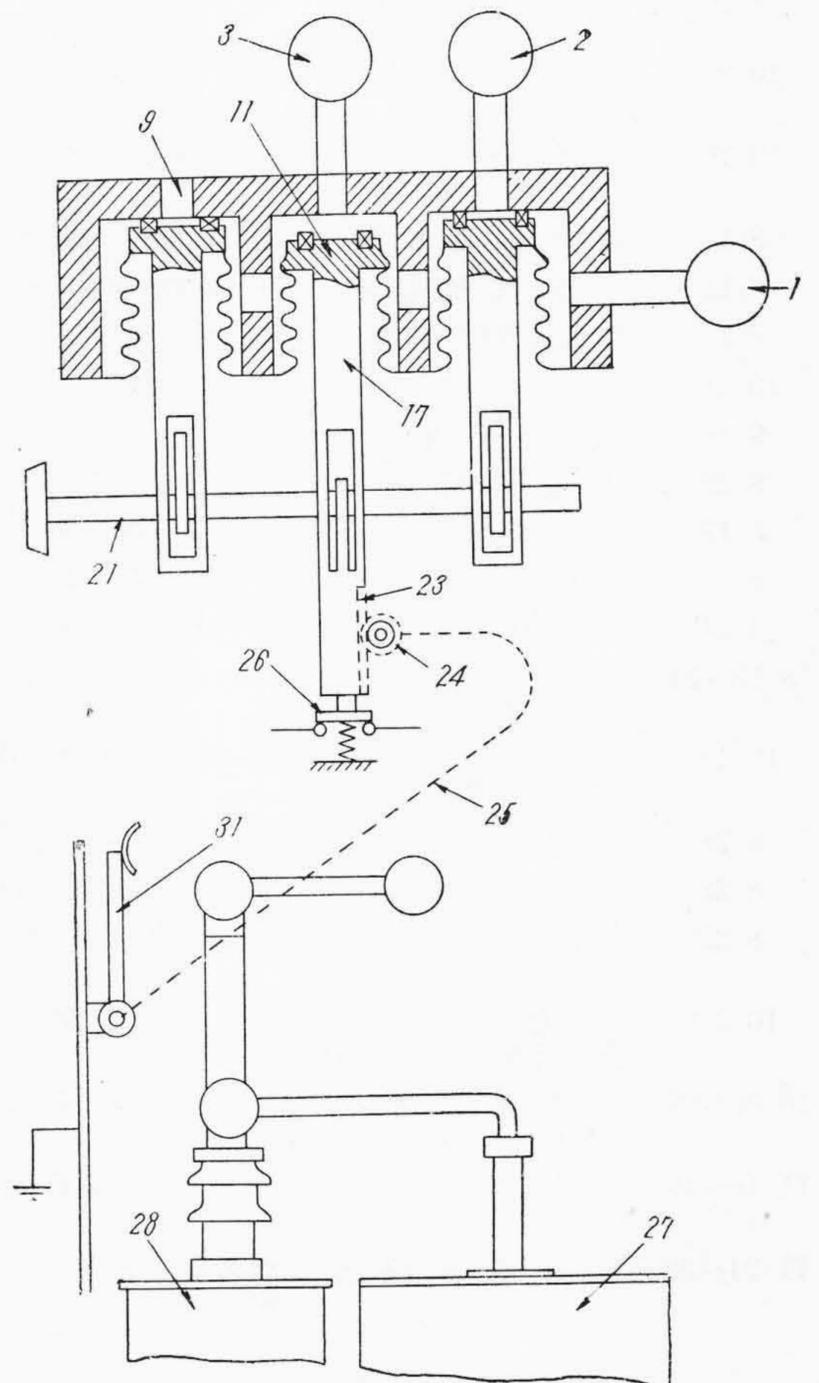
大沼嘉郎・小沼武男

電子顕微鏡

電子顕微鏡に於ては試料及び写真乾板交換の際には、先づ陽極電源を切り次に平滑用蓄電器に残留する電荷を放電せしめて後顕微鏡本体に空気を入れ、真空室を開いて試料又は乾板の交換をなすものである。本案はこれらの操作を真空室と排気ポンプとの間に設けた切換弁の操作杆によつて自動的に行うようにしたものである。

本案に於ては真空室1とロータリーポンプ2及び拡散ポンプ3との間に切換弁を設け、ポンプ3の切換弁11の操作杆17の下方にこれによつて開閉せしめられる高压変成器27の電源用押ボタンスイッチ26を配置し、この操作杆にはラック23を形成せしめ、これに噛合うピニオン24にはフレキシブルシャフト25を連結し、このフレキシブルシャフトを高压電源の平滑用蓄電器28の放電杆31に連結したものである。

資料交換に当つてカム軸21を回転せしめると、弁11は弁口を閉じると共に電源スイッチ26は開放せられ、同時にピニオン24の回転によつて放電杆31は蓄電器28の端子に接触して電荷を放電せしめ、弁9よりは空気を送つて真空室を開くことができるのである。従つて本案に於ては資料交換に当つて蓄電器の残留電荷による電撃事故を完全に防止できるものである。(田中)



日立製作所社員社外講演一覽表 (昭和 28 年 8 月分受付)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
8/26	東京鋳山保安監督部	運搬施設以外の坑外施設(コンプレッサー)	川崎工場	印 牧 宗 一 郎
8/25	熱管理徳山防府地区 会	断続操業をする鍛造用鋼材加熱炉壁煉瓦厚さの 適正值	笠戸工場	小 橋 吾 市
10/10~11	日 本 金 属 学 会	含 B 鋼 の 研 究 (第 1 報)	日立研究所	小 野 健 二
"	日 本 金 属 学 会	含 B 鋼 の 研 究 (第 2 報)	日立研究所	小 野 健 二 根 本 正
"	日 本 金 属 学 会	13Cr 鋼 の 疲 れ 強 さ に 及 ぼ す 組 織 の 影 響	日立研究所	小 野 健 二
10/10~11	日 本 金 属 学 会	Fe-W-Mo 系 焼 結 磁 石 に 就 いて	日立工場	竹 内 久 祐 黒 飯 沢 瑞 昭 飯 塚 富 雄
7/31	鋳山保安局内鋳山課	ド イ ツ 炭 坑 事 情 に 就 いて	亀有工場	渋谷 英 寅
8/25	東京鋳山保安監督部	坑 内 運 搬 (巻揚機)	亀有工場	石 橋 重 遠
10/9	日 本 金 属 学 会	高速度鋼の恒温変態に於ける残留オーステナイ トの挙動に就いて	冶金研究所	小 柴 定 雄 田 中 和 夫
8/5	保安隊通信学校	電 子 管 工 業 の 最 近 の 発 達	茂原工場	久 保 俊 彦
8/20	農業電化協会東北支 部	最近に於ける赤外線乾燥法の原理と応用	茂原工場	山 本 徳 太 郎
10/10	日 本 金 属 学 会	Fe-Ni-Co 系 合 金 の 熱 膨 脹 の 異 状 性	日立研究所	小 野 健 二
7/28	神奈川県品質管理研 究会	品 質 管 理 の 運 営 に 就 いて	戸塚工場	小 野 安 正
10/25	日本化学会, 日本分 析化学会	ポーラログラフ法に依る Sb 及び Cd の同時定 量法に就いて	中央研究所	青 木 米 乍
10/10	日 本 金 属 学 会	珪素鋼板の磁性に及ぼす C 及び N の影響	日立研究所	佐 々 木 良 一 小 野 健 二
8/11	昭和石油 K. K.	絶 縁 油 講 義	日立研究所	高 橋 治 男
8/11	生産技術協会	圧縮機の機構並びに潤滑に就いて	川崎工場	大 貫 重 信
7/1	日本硫安工業協会	水 電 解 槽 の 熱 収 支 に 就 いて	日立工場	谷 崎 義 一
10/21	特殊鋼クラブ	工 具 鋼 の 選 択 法 に 就 いて	冶金研究所	小 柴 定 雄
9/16	日刊工業新聞社	最 近 の 高 速 度 鋼	冶金研究所	小 柴 定 雄
8/26	計量管理協会	制 御 用 電 気 機 器	日立研究所	今 尾 隆
8/17	北海道電気協会	最 近 の 電 動 力 応 用 に 就 いて	本 社	平 野 勇
8/28	日刊工業新聞社	最 近 の ボ イ ラ ー の 自 動 制 御	日立工場	吉 岡 孝 幸
8/24	東京鋳山保安監督部	鋳 山 用 機 関 車 に 就 いて	本 社	松 村 俊 夫
8/18~21	青森県電力使用合理 化協議会	モ ー ト ル 並 び に 伝 動 装 置 の 合 理 化 に 就 いて	本 社	香 田 武 夫
11/14	日化, 電気, 機械, 高分子各学会	電 気 車 用 30 kW H 種 絶 縁 主 電 動 機	日立工場	石 坂 靈 巖
8/28	農 林 省 農 地 局	建 設 機 械 用 大 型 電 機 に 就 いて	本 社	中 野 二 郎
8/28	農 林 省 農 地 局	建 設 機 械 用 電 装 品 に 就 いて	本 社	古 屋 勇
8/22	茂原教育委員会成人 教育会	最 近 の 米 国 事 情	茂原工場	橋 本 一 二
10/3	東京大会金属材料研 究所研友会	特 殊 鋼 と 工 具	冶金研究所	小 柴 定 雄
10/26~27	日 本 鋳 物 協 会	生型砂の結合構造と諸性質に就いて (第 3 報)	亀有工場	南 郷 忠 勇 西 山 太 喜 夫
11/18~19	日本化学会高分子学 会	超音波に依る高分子物質の研究 (第 3 報)	中央研究所	前 田 庸
11/24~28	日 本 鉄 鋼 協 会	マグネット製造工程に対する推計的手法の適用 例	冶金研究所	小 橋 弥 寛 橋 場 弥 芳 吉