

# ガラス製水銀整流器に及ぼす磁界の影響

小山 恒 夫

(信州大学助教授 工学部)

## INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD ON A MERCURY ARC RECTIFIER

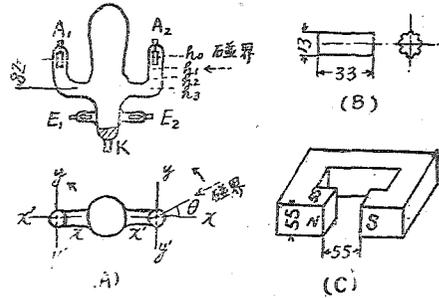
Tuneo KOYAMA

### I 緒 言

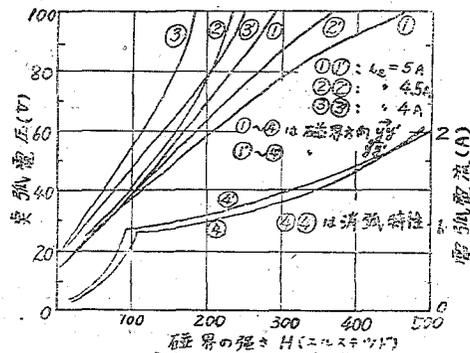
ガラス製水銀整流管の磁界制御に関する文献は多くあるが、筆者は格子を有しない整流管について格子制御に代る磁界制御を行った所極めて興味深い現象が認められた。即ち、2KWガラス製水銀整流器の陽極附近に磁界を加えた所、点弧特性消弧特性は共に磁界の方向により大きな差があり、電弧電流は、その大き磁界の強さ位置及び方向により却って増加することを認めた。これは従来の、一般に減少すると認められていた現象と反対の現象である。この測定結果とその考察について述べる。

### II 実験及び結果

使用した主要器具は第1図に示す。同図(A)の $A_1, A_2$ は主陽極、 $E_1, E_2$ は励弧極、Kは陰極で、陽極材料は黒鉛でその寸法は同図(B)に、磁界は永久磁石により同図(C)に示す。電源は主陽極に直流、励弧極に交流を用い、励弧電流は一定に保ち二三の場合について行い、磁界の強さ $H$ 、方向 $\theta$ 及び位置 $h$ を変え、又陽極電圧或は電弧電流を変えて測定した。磁界の方向は陽極軸に直交する $xy$ 平面に平行で、位置も $h_0, h_1, h_2$ 等を中心とした。



第 1 図



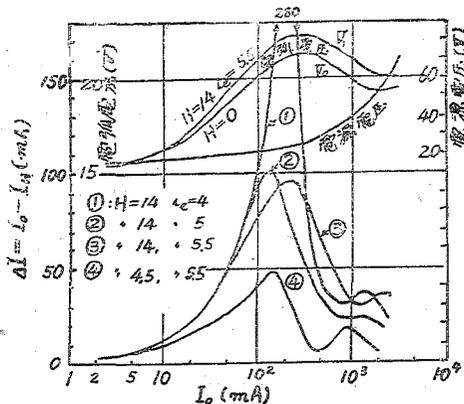
第 2 図

1. 点弧特性と消弧特性 励弧電流  $i_e$  を一定にして  $H$  と点弧電圧との関係及び電弧電流を通じておき磁界を加えて消弧する場合の  $H$  と電弧電流との関係を夫々点弧特性、消弧特性として測定した結果を第2図に示す。之等両特性はある点で夫々交叉している。

2. 磁界による電弧電流の変化 電弧電流の磁界による変化は磁界の方向によって著しい差を生じ、その方向及び強

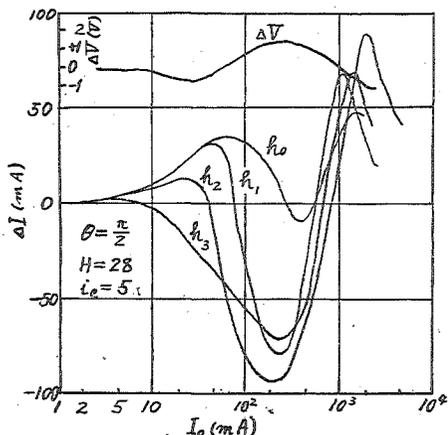
さにより電弧電流が却って増加する現象がある。

2・1  $\theta=3\pi/2$ の場合  $\theta=0$ を磁界方向 $xx'$ とする。 $\theta=3\pi/2$ の時はHの値を如何に変えても電弧電流は減少し一般に認められている現象と同様でその結果を第3図に示す。 $i_e$ が小でHが大であればその効果は著しい。図で $\Delta I=I_0-I_H$ の $I_0$ は磁界がない場合、 $I_H$ は磁界の強さHヘルステッドの場合の電弧電流で、 $V_0$ 、 $V_H$ は各々同様の場合の電弧電圧である。 $\Delta I$ は磁界の位置による変化はあるが傾向としては同様であるから $h_1$ についての関係を示した。この場合は常に $\Delta I > 0$ 、 $\Delta V = V_0 - V_H < 0$ である。

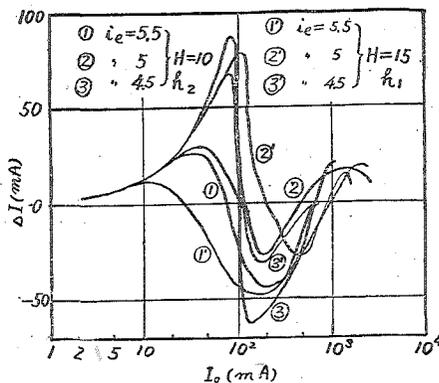


第3図

2・2  $\theta=\pi/2$ の場合 この場合は $I_0$ の大きさによって $I_H > I_0$ となるが $\theta$ が $\pi/2$ 附近でこの傾向があり、 $\theta=\pi/2$ の時 $\Delta I$ は最大になり又 $h$ により異って $h_2$ の位置で最大である。電弧電圧は電弧電流の増加に伴い減少



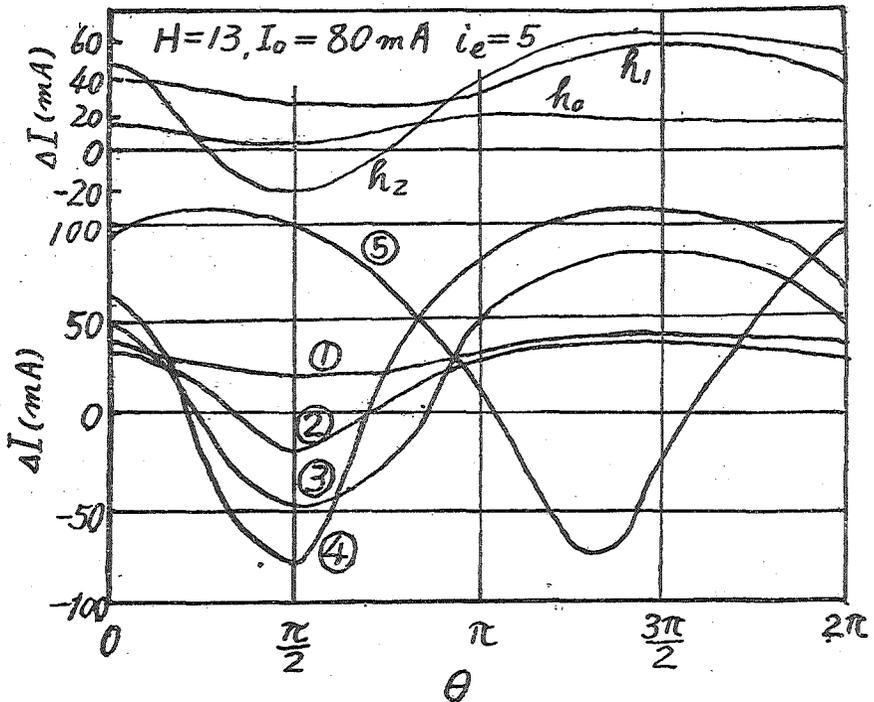
第4図



第5図

することは当然である。第4図はこれを示し、 $\Delta V$ は $h_2$ における結果である。又 $i_e$ 、 $H$ の各値に対し $h_1$ 、 $h_2$ における測定結果を第5図に示す。以上の結果によると $\Delta I < 0$ となる $H$ 及び $I_0$ の範囲は $0 < H < 40$ 、 $8 < I_0 < 1000$ (mA)である。又 $\Delta I < 0$ で $\Delta I$ が最大となる $I_0$ は $0.1 \sim 0.4$ (A)の間にある。

2・3  $\theta$ と電弧電流  $\theta=\pi/2$ 及び $3\pi/2$ について上記の如く、 $\Delta I$ と $I_0$ の関係を述べたが、次に $\theta=0 \sim 2\pi$ に対して $I_0$ をパラメータとして $\Delta I$ を測定した結果を第6図に示す。尚位置に関しての測定結果は同図上部に示し、下部の曲線はすべて位置の影響の最も著しい $h_2$ で測定した結果である。図で曲線①②は夫々 $I_0=35$ (mA)、 $1000$ (mA)、 $I_0=65$ (mA)、 $600$ (mA)で共に殆ど一致していることを示す。曲線④と⑤は条件が同一の下で主



- ①  $I_0 = 35, 10^3 \text{ mA}, H=13, i_e=5$
- ② " 65, 600 " " " " " " " }
- ③ " 300 " " " " " " " }  $A_2$  陽極
- ④ " 300 " " 24, " " " }
- ⑤ " 300 mA, " " " " " " }  $A_1$  陽極

第 6 図

陽極  $A_1, A_2$  に対する測定結果で、互に対称にならないで  $\theta$  について約  $30^\circ$  ずれている。

### III 考 察

3.1 電弧電圧 電弧電圧は陰極、陽極柱及び陽極の各電圧降下を加えたものであるが、陽極電圧降下は比較的小であるから省略すると、電弧電圧  $V_0$  は一般に次式で与えられる。

$$V_0 = 3.0 \frac{B_1}{B_2} \log\left(1 + \frac{1}{8}\right) + \frac{2\sqrt{2}}{4\sqrt{\pi}} \frac{\sqrt{X}}{\lambda} \frac{kT}{e} \cdot 1 \quad \dots\dots(1)$$

但し  $X = 200p\lambda a(V_i + ZV_e) \frac{eV_i}{kT} e^{-\frac{eV_i}{kT}}$

$r$  = 電子電流/陽イオン電流  $B_1, B_2$  は気体常数  $\lambda$  及び  $e l$  は電子の平均自由行程及び電荷  $k$  はボルツマン常数,  $T$  は電子温度,  $l$  は陰陽両極間の距離,  $p$  は圧力,  $a$  は気体特有の電離常数,  $V_+, V_e$  は夫々気体の電離電圧及び励発電圧,  $Z$  は単位時間の電子による励発衝突の数と電離衝突のそれとの比である。

従来は  $V_H > V_0$  であると考えられていたが, 本研究結果の  $V_H < V_0$  なる現象は, (1) 式の  $Z$  が減少すること及び磁界がない時の電子の random motion による軌道より磁界のために生ずる軌道の方が却って短縮される時に現われると考えられる。

3・2 電子の運動方程式 電界  $E$ , 磁界  $H$  の内における電子の運動方程式は直交座標では一般に次の如くなる。

$$\left. \begin{aligned} m \frac{d^2x}{dt^2} &= e \left( -E_x + H_y \frac{dz}{dt} - H_z \frac{dy}{dt} \right) \\ m \frac{d^2y}{dt^2} &= e \left( -E_y + H_z \frac{dx}{dt} - H_x \frac{dz}{dt} \right) \\ m \frac{d^2z}{dt^2} &= e \left( -E_z + H_x \frac{dy}{dt} - H_y \frac{dx}{dt} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots(2)$$

電流の方向を  $Z$  軸とし,  $H_z = 0$  とおき又

$$mv^2/2 = eV \dots\dots\dots(3)$$

とすれば (2) (3) 式より電子軌道が判る。但し  $V$  は電子の或瞬時の位置における電位,  $m, v$  は電子の質量, 速度で,  $E_x = -dV/dx$  である。これらは場内に電子以外には何も存在しない時の軌道であるから更に管の形状, 陽イオン及び水銀蒸気との衝突其他による振動がある。従って磁界の強さにより軌道は変化し, 最小行程が存在すると考えられる。この場合には  $\Delta V = V_0 - V_H > 0$  で最大となる。この現象により磁界の作用で整流器は能率向上する。

3・3 整流管の構造 主陽極  $A_1, A_2$  において  $\Delta I$  の変化が対称にならないで,  $\theta = 30^\circ$  のずれがあることは管の構造就中陽極と陰極の間の形態, 主陽極材料の表面及び材質に関係し, 特にある部分が電気抵抗小になっているとも考えられる。 $A_1, A_2$  についての測定結果は  $\theta$  について対称になると予想した事に反しており, 又別の熱陰極整流管 (黒鉛陽極) についての実験結果においても同様に  $I_0, H, \theta$  により  $\Delta V > 0$  或は  $\Delta I < 0$  の現象が認められたから, 陽極材料の表面及び材質の不均一性に因るとすれば, 此方法は材料の均一性の判定に役立つ得ると思う。

尙磁界の作用に因って,  $H, E$  の値その他諸条件により管内のエネルギー準位が引上げられた状態におかれ, 総合して電流密度が大になったのではなからうか。尙磁界の作用を得て発生する高周波の影響もあるであろう。

#### IV 結 言

水銀整流管に対し陽極附近において直交磁界を加えると, 磁界の方向, 電弧電流, 磁界の強さのある範囲内では却って電弧電流は増し従って電弧電圧は低下する現象がある。これは従来の文献にある電弧電流の減少と全く異った点である。併し他の範囲では従来の文献と一致している。(1) 以上の実験結果を要約すれば, 陽極附近に直交磁界を加えると

次のことが言える。

(1).  $\theta$ ,  $I_0$ ,  $H$ 等のある範囲内では電弧電流は増加或は電弧電圧は減少する。これは従来の文献と全く異った点である。この原因は電子の軌道が管形、衝突及運動其他の条件により spiral motion しつゝ最短路を描く結果及び陽極材料の材質の不均一に基き磁界作用により抗抵抗部分への弧電の集中によるのであろう。併し他の範囲では  $\Delta I > 0$  となり、螺旋のピッチ、半径其他によって路長が大になる。又  $H=0$  の時は電界のみによる random motin でその路長が上記と比較される。

(2)  $\Delta I > 0$ ,  $\Delta V < 0$  となるのは上記の外に(1)式の  $Z$  が増加するためであろう。

(3)  $\Delta V > 0$  となったことは陽極柱の電位傾度が小になったことであろう。

(4) この実験法によれば、材質均等度の判定が可能となるであろう。

終りに、本研究は文部省科学研究費の補助を得て行ったものであり、結果に対し御検討を頂いた東京工大斎藤博士、本学部教官各位、実験に協力された中村浩君に深謝する。

#### 参 考 文 献

- (1) 渡辺：電学誌 59 P247 (昭14)
- (2) 青木：水銀整流器と放電管 P322(オーム社)
- (3) 秦・久保：水銀整流器 (修教社)
- (4) 近藤(訳)：電子光学
- (5) 小山：電気三学会第24回連合大会講演予稿 (昭25—4)
- (6) L. Tonks : Phys. Rev. Vol.59, P.514, 1941.

## Influence of Magnetic Field on a Mercury Arc Rectifier

By

Tuneo KoYAMA

Many authors have experimented on influence of magnetic field on electrical discharge in mercury vapor at low pressure.

This paper differ from that results, and deals with the influence of perpendicular magnetic field on arc discharge in mercury arc rectifier, and the main anode current is D. C., the exciting current is A. C.

According to this experiment, the anode current increase by the action of magnetic field than the non magnetic field at a certain limit. The main results are as follows.

(1) Characteristics of starting and breaking anode current are different due to direction and intensity of magnetic field in a certain anode current.

(2) In a certain anode current, magnetic field's direction, position and intensity, the anode current increase or the arc voltage decrease than its at  $H=0$ . And the characteristics of the each current for two anode are unsymmetry on the direction of field and shift about 30 degree from the symmetrical axis.

(3) The phenomena were obtained on a hot cathode mercury vapor rectifier

too.

From the above experiment, the results are given in the figures 1 to 6 inclusive.

I consider that the reason in those terms are following items: the path of electron take the most short path due to magnetic field at limits, the material (graphite) of the anode are non homogeneous, or a part of its surface is lower electrical resistance than the other parts. And the action of the magnetic field gives good efficiency to mercurry arc rectifier, and this method shall be able to find the homogeneity or not of the material.