

熱陰極形けい光放電管における起動極による助成効果

大 崎 堅*

Contribution of the Starting Electrode in Hot Cathode Type Fluorescent Discharge Lamps

Katashi ŌSAKI

Abstract

Two types of starting auxiliary electrode were used for the investigation that the hot cathode type fluorescent discharge lamps were started on the low voltage. The ring type electrode or the strip type electrode, as the starting electrode, was positioned near the 20 W fluorescent lamp wall, and the starting characteristics of the discharge lamp were measured for the source frequency region between commercial frequencies and 500 Hz.

For commercial frequencies and 500 Hz, the relation between the main restriking voltage and the ring location and also the preheating current of electrodes were obtained. Using the strip electrode, the relation between the main restriking voltage and the frequency and also the preheating current of electrodes were obtained.

When the ring electrode location was on the discharge lamp center and on its both end, the starting voltage was the minimum value and the maximum value respectively, that is it showed V-curve. Using the ring electrode, the minimum restriking voltage dropped to about 30 % (100 V) at commercial frequencies and about 90 % (215 V) at 500 Hz as compared with the normal type. Using the strip electrode, the minimum restriking voltage dropped to less than about 30 % (100 V) at commercial frequencies and less than 50 % (120 V) at high frequencies as compared with the normal type.

Generally, the starting voltage decreases as the preheating current increases, but the degree of preheating current region between 300 mA and 350 mA is necessary to accelerate the starting.

It is thought that the effect of the starting auxiliary electrodes results essentially in shortening of the electrode gap.

When the reflector was earthed, the starting characteristics were not affected by the earthing effect for the strip electrode, but those were made random by the earthing effect for the ring electrode.

Thus, it is concluded that as the strip type and the ring type electrode can be dropped the restriking voltage of the long type discharge lamps, using those are successful in case of the low voltage starting in frequency region between commercial frequencies and high frequencies.

1. ま え が き

予熱起動形のけい光放電管の放電開始電圧は、電極予熱電流と予熱時間の選定によつて左右されることは周知のとおりである¹⁾。また、管壁抵抗も起動電圧に

著しい影響を与えることが知られている²⁾。さらに電源周波数、安定器を含んだ点灯回路の特性も放電状態に関係する³⁾。

筆者は、熱陰極形けい光放電管の放電過渡状態における電極現象の考察を行なう過程で、放電管を低電圧

* 電気工学教室

で起動する必要が生じ、起動用補助極⁴⁾を使用して目的を達成した。

以下、放電開始電圧の低減に対する起動極の助成効果について述べる。

2. 実験方法

けい光放電管の放電開始電圧は、ランプ構造と実験条件を同一に保持し、予熱電流を一定とすれば近接導体の影響が顕著になる²⁾。放電管としては管径38mm、管長580mmのFL 20 D (昼光色)を使用する。このように管径に比して管長の大きい放電管では、管壁の影響が大きく、管壁表面に分布している漏洩抵抗と近接導体(この場合は反射板)との間に構成される容量効果を考慮する必要がある。すなわち、管外壁電位分布は管内電位分布に影響を与え、管内電位分布によつて放電開始電圧が定められるからである。

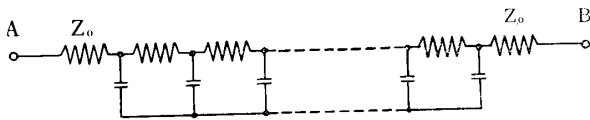


Fig. 1 Reduced equivalent circuit of the fluorescent discharge lamp

放電管の管長方向に近接導体を接近して配置した時、放電管電極、管壁近接導体間にRCの分布定数回路を仮定できる。これをさらに簡易化すると Fig. 1 のように考える。ここで、管端部インピーダンス $Z_0 \approx 0$ とすれば、管端部 A より距離 x の点 P の電圧は

$$V_p = \frac{V}{2} \cdot \frac{\sinh \gamma \cdot (l/2 - x)}{\sinh \gamma \cdot l/2} \quad (1)$$

ここで V : AB間の電圧, l : 放電管長

$\gamma = \alpha + j\beta$: 伝播定数

α : 減衰定数

β : 位相定数

但し、反射板電位は放電管管壁中央の電位を

$V/2$ とする

したがつて、AP間の電圧降下 V_x は

$$V_x = \frac{V}{2} \cdot \left\{ 1 - \frac{\sinh \gamma \cdot (l/2 - x)}{\sinh \gamma \cdot l/2} \right\} \quad (2)$$

この場合、放電を開始し、これを持続させるための条件としては、電極間電圧 V が放電維持電圧より高く、放電の安定条件を満足するとともに、放電管管壁電位の傾きが放電開始に必要な値に達しなければならない。ただし管壁電位の傾きは、全管長にわたつて所要の値以上に保つのではなく、局部的に放電に必要な値

を与えることにより条件が満される。

いま A から距離 m の点 M において、点灯に必要な電圧降下が V_0 とすると、(2)式により求められる電圧降下 V_m は

$$V_m = \frac{V}{2} \cdot \left\{ 1 - \frac{\sinh \gamma \cdot (l/2 - m)}{\sinh \gamma \cdot l/2} \right\} \quad (3)$$

となり、放電開始電圧を V_s とするとつぎのようになる。

$$\begin{aligned} V_s &= V_0 \cdot \frac{V}{V_m} \\ &= V_0 \cdot \frac{2 \sinh \gamma \cdot l/2}{\sinh \gamma \cdot l/2 - \sinh \gamma \cdot (l/2 - m)} \end{aligned} \quad (4)$$

起動極を設けることは、電極間距離 m を短縮することになり、その結果放電開始電圧 V_s は低下する。

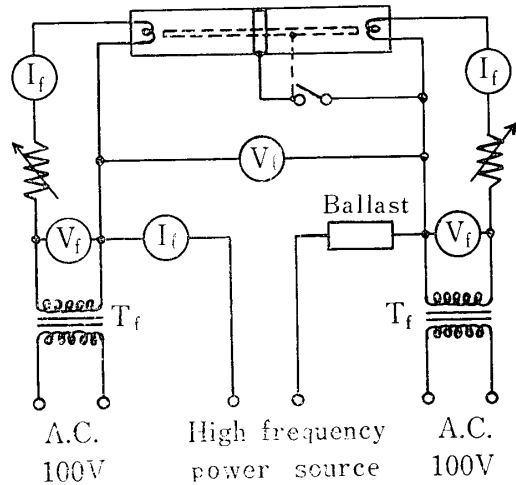


Fig. 2 Measuring circuit diagram

つぎに実験方法について述べる。測定回路は Fig. 2 に示すとおりで、商用周波電源よりトランスをとおしてけい光放電管両電極フィラメントに対する予熱電流を与える。フィラメント端子電圧と予熱電流の関係、および局部放電を開始する予熱電流の値は、各ランプによつてかなりのバラツキがあるので、局部放電を起さない最大予熱電流を 345 mA に選んだ。

両電極間に印加する電圧は、商用周波安定化電源および高周波発電機 (200~500Hz) より供給し、商用周波およびこれより高周波点灯 (400 Hz) に移行する領域に対する起動特性を求めた。

起動用補助極としては、極間距離の短縮効果を目的としたリング電極と、管壁の抵抗と容量との結合状態を変えるストリップ電極の二種を用いた。起動用リング電極は幅 10mm、厚さ 1 mm のアルミニウム製で、放電管管端から 20mm 離れた位置より 30mm 間隔で 19ヶ所の固定点を設けて順次移動させながら、これと

対向極間に電源電圧を印加する。また、ストリップ電極は全長 550mm のアルミニウム薄片を放電管軸長方向に全長にわたって管壁に密着させたもので幅 5 mm および 10mm の二種類とし、リング電極と同様に電圧を印加する。なお、これらの起動極を使用する場合、近接導体の影響を防ぐための木製灯器による測定と、幅 53mm、長さ 610mm の反射板をランプより 5 mm の距離に管長方向に平行に設け、これを接地した場合の測定とを併せて行なった。

3. 実験結果と考察

放電管を点灯後一度消灯した場合、電極フィラメントの冷却、管内残留イオンの消滅、封入ガス温度低下のため時間を要するので、起動特性測定上注意しなければならない。消灯後の起動電圧の回復状態を Fig. 3 に示す。また、放電管の延使用時間と点滅回数による電極損傷も特性劣化の原因をなす。よつて、測定に際しては、一定回数の起動試験後ランプを定格点灯し、管電圧、管電流、光束およびそれらの波形測定を行なつてランプ特性の判別を行ない、定格値からのずれのないように管理を行なつた。

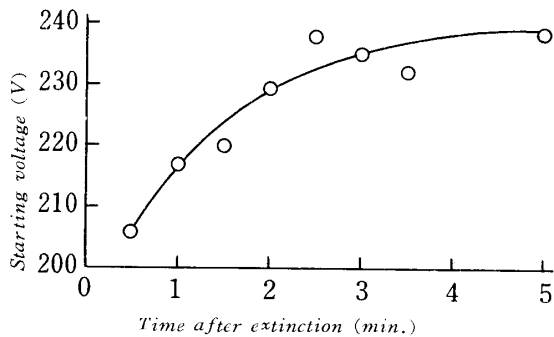


Fig. 3 Time variation of the starting voltage
Frequency : 500 Hz
Preheating current : 320mA
The fluorescent lamp : NEC FL20 D

Fig. 4 は、商用周波におけるリング電極による起動助成効果を示す。リング位置がランプの中央部の場合に、放電開始電圧は最低値を示している。リング電極の助成効果は、予熱電流増加とともに著しくなり、予熱電流 300mA においては通常の放電開始電圧のほぼ 1/2、予熱電流 345mA に対しては 1/3 に低下する。ただし、リング電極を管端部においた時は、殆んど影響がない。このようなリング電極による起動助成効果を検討すると、先づ、(4)式において $m = 1/4, 1/5$ とすると、放電開始電圧は $m = 1/2$ の時のだいたい 1.33

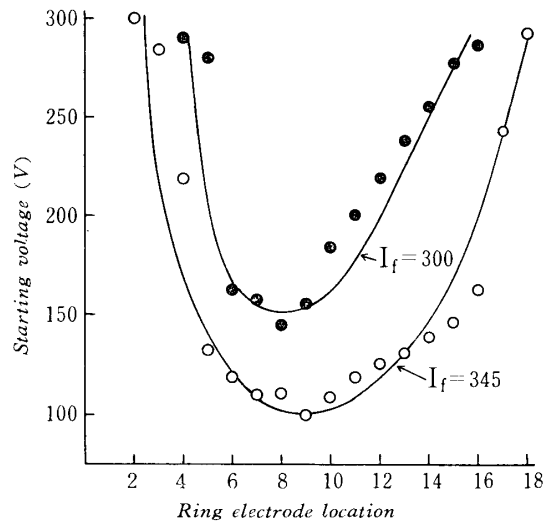


Fig. 4 Starting voltage vs. ring electrode location
 I_f : Preheating current mA
Frequency : 60 Hz

倍、1.5倍となる。一方 Fig. 4 より $m = l/2, l/4, l/5$ に対する値を求めると、それぞれ 100, 145, 210V となり(4)式より求めた値とほぼ一致している。しかし、 m が $l/5$ 以下となり、リング電極が管端部に近づくとき、(4)式より推定される放電開始電圧の値に対して実測値は著しく高くなる。これは、(4)式が管径に比して管長の大きい放電管を仮定しているため、リング電極が管端部に近づくとき、回路の各分布定数が著しく異なってくるゆえであると考えられる。

一般に、高周波点灯に際しての起動電圧は、商用周波より 300Hz までは低下を示し、これより高い周波数範囲では上昇する傾向があると述べられている⁵⁾。高周波に対する起動極の助成効果を測定すると、Fig. 5 のようにほぼランプ中央部において最低値を示し、起動極のない場合の約 90% となる。

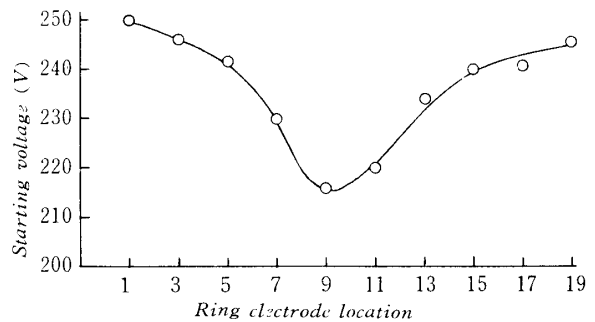


Fig. 5 Starting voltage vs. ring electrode location
Frequency : 500 Hz
Preheating current : 320mA

リング電極の起動助成効果は、高周波においては商用周波程顕著でないが、これは、商用周波に比して高周波の場合は容量に関する伝播定数 r が大となり、したがって V_m が小となる結果、放電開始電圧 V_s は上昇するからである。

ついで、ストリップ電極による起動特性を周波数に対して示すと、Fig. 6 のようになり、予熱電流 256mA を与えると、商用周波の場合の起動電圧は 120~140V であるが、電源周波数増加とともに起動電圧も上昇し、300 Hz で 156 V、500 Hz で 170 V 以上になる。しかし、予熱電流を 280mA にすると、商用周波における起動電圧はほぼ 100V に対して、周波数 275 Hz、起動電圧 125V までは周波数増加とともに起動電圧が上昇するが、これをピークとして下降に移り、300Hz 付近ではほぼ 95V 以下に低下する。このように、ストリップ形起動電極は予熱電流の値によってその効果が著しく異なるが、概ね 300mA 程度の予熱電流を与えると、周波数の高低にかかわらず顕著な起動電圧低下率を示すことが確認された。

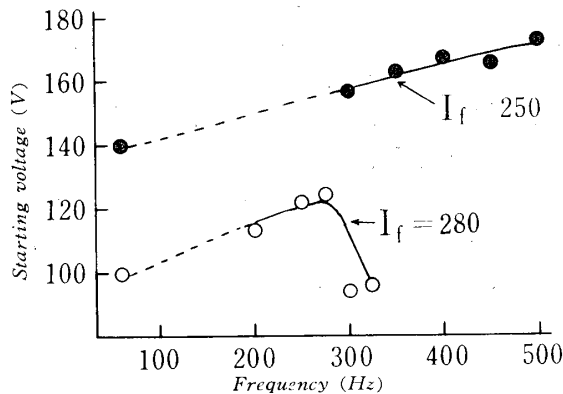


Fig. 6 Starting voltage vs. frequency

I_f : Preheating current mA

つぎに、商用周波電源に対するストリップ電極の起動助成効果を、予熱電流に対して示すと、Fig. 7 のとおりである。予熱電流 300mA 以上では、起動電極のない場合の放電開始電圧の $1/3$ 以下に低下する。この場合、ストリップ電極の面積は、起動電圧低下の実質的な効果には関係ないように見える。商用周波におけるストリップ電極の起動助成効果は、予熱電流の少ない場合はリング形起動電極のそれよりも大きい。商用周波において、予熱電流に対する起動特性を比較すると、予熱電流 200mA に対して、リング電極による最低放電開始電圧は 190V であるが、ストリップ電極のそれは 150V である。予熱電流約 300mA までは、この傾向が持続される。しかし、予熱電流 345mA においては、両起

動電極による放電開始電圧はいずれも 100V 程度となり、その起動助成効果は同等となる。

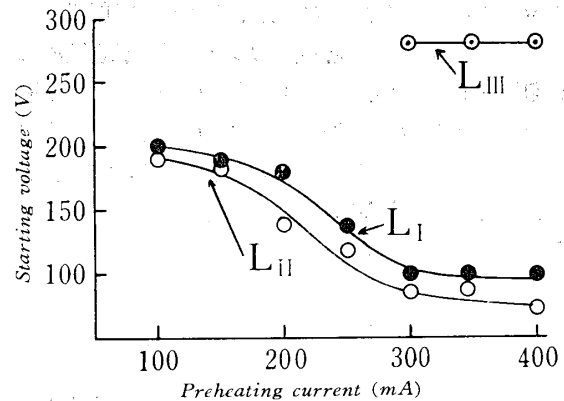


Fig. 7 Starting voltage vs. Preheating current

Frequency : 60Hz (Reflector is insulated)

L_I : Strip electrode area $5 \times 55\text{mm}^2$

L_{II} : Strip electrode area $10 \times 55\text{mm}^2$

L_{III} : Normal type

高周波電源に対しては、リング電極による起動電圧低下は小さく、予熱電流 320mA、500Hz において、最低放電開始電圧約 220V であるが、ストリップ形起動電極を用いると、500Hz において、最低放電開始電圧約 220V であるが、ストリップ形起動電極を用いると、500Hz において、予熱電流 250 mA の場合でも起動電圧は 170V 程度であり、予熱電流を 280mA 以上とすると大巾に低下することが、実験結果より予想される。従つて、高周波点灯においては、ストリップ電極による起動助成効果がすぐれていると考えられる。

以上は、反射板の存在を考えない木製灯器による結果であるが、反射板を使用し、これを接地した場合の測定結果を Fig. 8 に示す。ストリップ電極による起

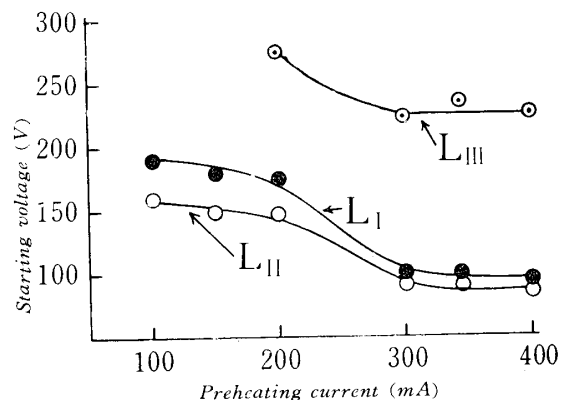


Fig. 8 Starting voltage vs. preheating current

Frequency : 60Hz (Reflector is earthed)

L_I : Strip electrode area $5 \times 55\text{mm}^2$

L_{II} : Strip electrode area $10 \times 55\text{mm}^2$

L_{III} : Normal type

助成効果は、反射板の有無にかかわらずほぼ同様な特性を示す。これに対してリング電極においては、反射板のために起動助成効果が乱され、最低放電開始電圧を与えるリング電極の配置がランダムになる。

以上の実験結果より、放電開始電圧を低減するための起動極としては、ストリップ形電極が一般にすぐれ、リング電極は使用方法によつてストリップ電極に匹敵する起動効果を与えることがわかつた。

4. あとがき

以上、FL 20 D 熱陰極けい光放電管の起動極による助成効果について述べたのであるが、要約すると次のようになる。

(1) リング電極を起動補助極として用いた場合、商用周波、高周波いずれの場合もリングがランプの中央に位置した時、起動電圧は最低値を示す。すなわち、商用周波においては、予熱電流を 300mA、345mA とすると、起動極の効果によつて放電開始電圧は通常の場合の50%および30%にそれぞれ低下し、高周波においては、予熱電流を320mA とする時、同じく90%となることがわかつた。

(2) ストリップ形起動極を用いた場合、商用周波において、予熱電流 300mA に対する起動電圧は通常の場合の $\frac{1}{3}$ に低下する。しかし、高周波領域では、予熱電流が 250mA の時、周波数の増加とともに起動電圧は上昇し、500Hz では商用周波の場合の20~40%大となる。しかし、予熱電流が 280mA となると、起動電圧は急激に低下して、周波数 275Hz までは上昇するが、ピークにおいても、商用周波の場合の起動電圧の20%増であり、周波数が更に増加すれば、それは一層低下する傾向にある。

(3) 反射板の影響は、ストリップ電極には殆んど認められないが、リング電極はこのため起動助成効果を乱されることがわかつた。

以上の実験結果より、FL 20 D 熱陰極けい光放電管を商用周波数より高周波数領域までの点灯条件に対して、低電圧で起動するためには、電極予熱電流を 300~350mA 程度とし、ストリップ形またはリング形起動補助極を使用すると効果的である。この場合、商用周波数、高周波数それぞれに対して、リング電極では通常の起動に要する放電開始電圧の30%、70%程度、ストリップ電極では30%、40%程度の電圧で正確に起動し、安定な点灯に移行させることができる。なお、この程度の電極予熱電流および電極間印加電圧は、ランプに負担を与えない程度と考えられるので、ランプ特性の劣化なく点灯回数を増加させうるものと考えられる。

終りにのぞみ、常に御指導を賜わる本学牧元教授、佐伯節夫助教授に深く感謝する次第である。本報における実験の一部は、第三回卒業研究学生竹田幸雄氏（現東芝）、広橋保雄氏（現宇部興産）両氏に負うものであり、付記して謝意を表わす。

参 考 文 献

- 1) 藤原義輝：照学誌，45, 134 (1961)。
- 2) S.H. Watson : IES Lighting Rev., 25, 116 (1963)。
- 3) 坊 博，竹山説三：照学誌，45, 65 (1961)。
- 4) 佐伯節夫：昭37電気四学会中国支部大会，B-6
- 5) 小林恒夫，他：National Tech. Rept., 6, 37 (1960)。

(昭和43年6月15日受理)