補助プレートに有する熱陰極けい光灯 (第2報)

(直流 600V 用けい光灯)

専門会員 阿部 清* 正会員 神原 道晴** 正会員 成瀬 和久**

Hot Cathode Fluorescent Lamps with Auxiliary Plate (II)

(Fluorescent Lamps for 600V. d.c.)

Kiyoshi Abe (Electrical Engineering Institute, Kyoto University)

Michiharu Kambara (Chemical Research Institute, Kyoto University)

Kazuhisa Naruse (" " ")

ABSTRACT

There are two kinds of circuits for the hot cathode fluorescent lamps of 600 V d. c. They were designed as the application of the fundamental operating circuit for 100 V d. c., which we have already shown.⁽¹⁾

These two circuits are given as follows.

(1) Several fluorescent lamps are connected in series, each lamp and circuit being identical with that of the fundamental lamp and its circuit.

(2) Several fluorescent lamps are connected in series, too, but only one of them is the same lamp and circuit as that of the fundamental one, and for the rest commercial lamps are used. In this case the electromagnetic relay in the fundamental circuit has a pair of coils of magnet and as the same number of contacts as that of lamps. For the length of these lamps we can adopt the length of the usual 20 W and 40 W lamps. It is necessary to use proper number of lamps corresponding to the fluctuation of source voltages. Starting time is usually 0.5—1.5 sec. By comparing with the above two circuits we know that the minimum starting voltages at circuit (2) are less than at (1) when the same number of lamps are used. For example, when four 20 W lamps are used, the auxiliary resistance values being 70 Ω , the minimum starting voltages are 450 V at circuit (2) and 375 V at circuit (1) respectively.

In general the minimum starting voltages vary with the auxiliary resistance values; the higher the latter the lower the former. When the auxiliary resistance values are up to 100 Ω , however, the lamps start like the instantaneous type rather than the preheating type.

We can decrease the minimum starting voltages by using the ballast tube in stead of the metallic resistance. In this case the minimum starting voltages are less than 300 V when four 20 W lamps are used.

(1) M. Kambara and K. Naruse; "Hot Cathode Fluorescent lamps with the Auxiliary Plate (1)" 38—6, P. 276, Journal of Illum. Eng. Inst.

2.1 直流 600V 用熱陰極けい光灯の点灯方式

直流 600V 用の点灯回路については現在迄に発表されたものは2, 3種ある。(1)は直流 600V を MG にて、交流 100V 乃至 200V に変換して交流方式のけい光灯を点灯するもの。(2)は阪神電車において研究されたグリッド型の点灯方式で、これは直流 600V を電源として各々のけい光灯にグリッドを有する特殊けい光灯を直列に点灯したもの。(3)は東芝においてスリムラインけい光灯2本を直流 600V を電源として点灯したもので、起動時にはスリムラインを電源に並列にならべて起動し、点灯後はこれを直列に放電させる方法である。

以上が直流 600V 用けい光灯の点灯方式の既存のもの

であるが、その各々には長所短所がある。(1)においてはMGが必要であり、(2)、(3)は直流 600V をそのまま電源として使用しているが、回路が複雑でありまた起動時に於て予熱方式を取らず冷陰極のまま起動するため電極が非常に痛み易い傾向がある。筆者はこれ等の欠点を除きできるだけ簡単な回路で点灯する方式を研究中であったが、先きに京大阿部教授の指導の許に完成した直流 100V 用点灯回路を応用して非常に優秀な性能を有する点灯回路及び直流用けい光灯の製作に成功した。以下それについての種々の特性を略述する。

2.2 補助プレート型けい光灯の直流 600V 点灯方式 (C型)

筆者の研究した直流 600V 用熱陰極けい光灯点灯回路は予熱補助プレート型の直流 100V の点灯回路の応用で

*京都大学工学部

**京都大学化学研究所

第 1 図 600V・DC. C 型回路

あり、その方法に 4 種類ある。C 型は直流 100V の点灯回路をそのまま数個電源に対して直列に使用する方法で第 1 図に示す回路が即ちそれである。

図において R_0 は安定抵抗、 L_0 , L'_0 はチョークコイル、 R_1 , R_2 は補助抵抗、 M_1 , M_2 は電磁リレーのコイル、 P はその電磁リレーの接点である。この回路の動作は直流 100V の場合と全く同様であるが、たゞ各々の動作が独立に行われるのである。今この回路により 20W けい光灯（プレート付）のものを 4 本直列に接続した第 1 図の場合の点灯動作を簡単に記述する。電源には極性変換の開閉器が挿入されている。

図に於いて L_0 側が電源の正極とすると、電流は各々の回路の R_2 、接点 P を通じて R_0 側より負極に帰る。これを縦条電流（フィラメント電流）と称し、これにより各電極は加熱され熱電子放射の充分なる状態になる。これと同時に各々の回路の R_2 なる補助抵抗により G_2 , f_2 間に電位差が生じこれが、約 20V 以上となると、 G_2 , f_2 間に放電が開始される。このいわゆる補助放電が各々の電磁リレーの M_2 なるコイルを通り G_2 , f_2 より各々接点 P に至る。従つてこの補助放電が電磁リレーの動作電流に迄増加するとき、接点が離れて各けい光灯が点灯する。この時けい光灯は勿論各々の電磁リレーの動作により個別に点灯するのである。但し L_0 は電源電圧の変動により不点灯を防止するためのいわゆる過渡電圧発生用のチョークである。

次に電源 600V・DC にて放電電流に 370mA・DC した場合の種々の特性を示す。但し各々の電磁リレーは 100mA・DC にて動作するものを使用し、また L_0 には極性変換を考慮してチョークが常に負極側に存在する場合が正極側に存在する場合よりも有効であるため、0.2H のものを R_0 側にも挿入した。

第 2 図は補助抵抗の内、正極側の各々の R_2 を変化した場合、電源電圧に対す

第 2 図

る点灯数を示している。これによると補助抵抗 70 オーム以上でも 450V 以下では全点灯し難い。即ちこの方式を用いると電源電圧の変動に対しては余り保障し難い。この改良型については後述するがこの方式を単独で用いた所謂直流用 100V 用のものでは下記文献 (1), (2) に説明した如く、20W けい光灯で電源電圧が 75V 迄起動可能で電圧変動に対しても点灯が確実である。しかしこれを直列に数個並べた場合は推定よりは電圧変動に対して起動が悪い。原因を次に説明する。

第 1 図に於て (A_1), (A_2) の位置にアンメーターを挿入し、主放電電流、補助放電電流及び補助極電流を読む。（補助放電電流とはそのけい光灯が起動する以前に正極側の補助プレートとフィラメント電極との間に流れる電流で、この電流によりそのけい光灯はスタートし点灯した場合主放電電流の大部分が正極側の補助プレートから、負極側のフィラメント電極に流れる。これを補助極電流と云う。この場合特に両方総称して補助電流と云う。）

今回路 (I), (II), (III), (IV) の順序に 1 灯ずつ放電を起し得る様にするためにリレーの動作を手動に切換え (I) より順次 (IV) 迄点灯し、その都度 (IV) に挿入された (A_1), (A_2) の電流値を測定する。これにより 4

第 3 図

第 4 図

灯同時に起動した場合の主放電電流（末点灯のものは縦条加熱電流）及び補助極電流（末点灯のものは補助放電電流を推定することが出来る。

第 3 図及び第 4 図は R_1 , R_2 の補助抵抗各 70 オームにおける (IV) のフィラメント電流主放電電流、補助放電電流、補助極電流を示している。即ち第 1 図におけるリレーの各接点 P を手動にて閉じ、 L_0 側が正極になるように電源を挿入した場合に (I), (II), (III), (IV) の各々のけい光灯電極のフィラメントに加熱電流が流れる。この電流が第 3 図の 0 灯の電流である。同時に補助放電電流も各々の電磁リレーのコイルの M_2 に流れている。第 4 図の 0 灯の電流値がそれである。次に (I) の電磁リレーを動作させて、(I) のけい光灯のみ点灯した場合

の A_1 , A_2 に流れる電流が第3図, 第4図に示す1灯点灯の場合の各々の電流である。同様にして (I), (II) の電磁リレーを動作させた場合は2灯, (I), (II), (III) の電磁リレーを動作させた場合は3灯, (I), (II), (III), (IV) の電磁リレーを動作させた場合は4灯で示している。この場合は4灯目も点灯するから第3図は主放電電流, 第4図は補助極電流を表わしている。

以上の測定値から次の事柄が言える。即ち第1図の回路に電源を挿入すると4灯のリレーがそれぞれ独立に動作するのであるからその内1灯が点灯した場合, 末点灯のフィラメント電流は第3図に於ける1灯の電流である。それに対する末点灯の各々の電磁リレーを動作させ M_2 を流れる補助放電電流は, 第4図の1灯の電流に相当して, 0灯の場合より低下する。

今各々の電磁リレーの動作電流を 100mA, DC とすると第4図の0, 1, 2, 3灯に示す如く0灯点灯（即ち4灯末点灯）の場合は 300V・DC 以上で何れか1灯点灯が可能であり, 1灯点灯（即ち3灯末点灯）の場合は 350V・DC 以上で末点灯のいずれか1灯点灯が可能であり, 2灯点灯（即ち2灯末点灯）の場合は 400V・DC 以上で末点灯のいずれか1灯点灯可能であり, 3灯点灯（即ち1灯末点灯）の場合は残りの1灯は, 450V・DC 以上で

第5図

第6図

ないと点灯しないことになる。故に4灯点灯の場合の第4図の電流は全灯点灯した場合の各々の補助極電流を表わしている。なお補助抵抗 R_1 , R_2 の種々の値に対する補助電流の変化を測定したものが第5図, 第6図で, この電流が 100mA・DC 以下になる迄点灯可能である。即ち電源電圧 450V・DC において4灯点灯可能のためには補助抵抗50オーム必要である。

以上この種の点灯方式は電源電圧の変動に対して起動が悪く, 回路も複雑で部品も多く必要とする。但しこの場合には数灯点灯の内1灯乃至2灯点灯不能でも直列にある他のけい光灯は点灯持続できる点が長所である。

なお100VB型点灯回路を直列に使用したものはD型点灯回路と称しているが性能はさらに悪い。

2.3 補助プレート型けい光灯の直流 600V 点灯方式 (E型)

前節に示した電磁リレーを各けい光灯毎に配置する方法を改良して第7図に示す如く電磁リレーの動作するけい光灯を1灯だけにして他には電磁リレーを使用せず, たゞ接点 P_2, P_3, P_4 を P_1 と同様けい光灯 (I) に属す電磁リレーに各独立に所属させ, M_1, M_2 のコイルにて同時に動作させる方式がE型の点灯方式である。これはC型にして種々の点で優れた性能を有する事が判明した。先ずその起動方法は文献(1), (2)の直流 100V・DC の起動方法と全く同じ動作するものでたゞ接点を数個同時に動作させ点だけが相違している。

第7図 600V・DC. E型回路

即ちこれを簡単に説明すると今 L_0 側が正極側とすればフィラメント電流は (IV), (III), (II) の各電極のフィラメント f_3 を通り R_2, f_2, P_1, f_1, R_1 より L_0, R_0 を通り負極側に帰る。この場合 G_2, f_2 間の電位差により補助放電が生じ, その補助放電電流が M_2 の電磁リレーのコイルを通る。この為電磁リレーは動作して接点 P_1, P_2, P_3, P_4 を同時に切断して4灯同時に主放電を起さるのである。主放電後は (IV), (III), (II) を通った主放電電流の殆んどが M_2 を通って G_2 より f_1 に放電するから, 電磁リレーは動作を続けて接点 P_1, P_2, P_3, P_4 を切断したまゝである。このことよりE型はC型の第3図, 第4図の0灯のフィラメント電流及び補助電流にて電磁リレーが動作することになり, C型より更に低電圧で点灯が可能であることが判る。又第7図に示す如く回路は簡単になり回路部品も非常に少なくなり, 100V・DC

第8図

第9図

用点灯回路1灯のものと殆んど変わらない。又 $600V \cdot DC$ でけい光灯を数個点灯する場合その内の1灯のみが補助プレートに有する特殊けい光灯で、他は勿論市販のけい光灯でも点灯する。

次にE型の起動特性を第8図、第9図に示す。図は20W用けい光灯4本についての測定値で、1本は補助プレート付きで他の3本は補助プレート無しである。補助プレートを有するものはフィラメント電極として直熱フィラメント及び傍熱フィラメントを有し他の3本は直熱フィラメントだけである。第8図においては電磁リレー動作前の電流計(A₁)を通る電流はいわゆるフィラメント電流で電磁リレー動作後に(A₁)を通る電流は主放電電流である。また第9図の(A)は電磁リレー動作前に電流計(A₂)に流れる電流で、これは G_2 、 f_2 間の補助放電電流であり(B)は電磁リレー動作後の電流で、これは G_2 より f_1 に放電する主放電電流の大部分を示し、こゝでは補助極電流と名附けている。

また電磁リレーの動作電流であるが、A型と同様 $100mA \cdot DC$ 以上で動作する様に設計した故に起動及び点灯後に於て電磁リレーが動作し続ける為には補助放電電流及び補助極電流が $100mA \cdot DC$ 以上有する必要がある。第9図(A)(B)で両方とも $100mA \cdot DC$ 以上有する為の電源電圧は補助抵抗 100Ω では $375V \cdot DC$ 、 70Ω では $400V \cdot DC$ 、 50Ω では $430V \cdot DC$ 、 20Ω では $450V \cdot DC$ の電圧が必要である。即ち左記の電圧以下では点灯不能であることを指示している。第8図の主放電電流の点線は各補助抵抗に於ける最低起動電圧を表わしている。

補助抵抗の変化による最低起動電圧は補助抵抗が大なるほど低い。これは第9図(A)・(B)に示す如く補助抵抗の変化により補助放電電流及び補助極電流が相違するためである。これは定性的にも容易に判明することで第9図(A)の補助放電電流は補助抵抗が大なる程 G_2 、 f_2 間の電圧降下が大になり、従って補助放電電流も大になる。また(B)に示す如く補助極電流については補助抵抗が大なるほど G_2 より放電する電流が f_2 (この場合正極側で主に f_2 の支えリード) より放電する電流より多くなる筈である。

第10図 600V・D.C.F型回路

こゝに注意すべきは負極側の補助抵抗（この場合 R_1 ）は電磁リレーの動作には関係がないが、 R_1 の抵抗が大になれば主放電電流の内幾らかが補助プレートを通じて流れ陰極飛沫の原因になる恐れがあるが、この場合 f_1 、 G_1 の各々の陰極降下電圧を比較するとそれぞれ約 $20V$ 、及び約 $150V$ で補助極のそれが非常に大であるから上記程度の R_1 では全然問題がない。

なお第10図に示す回路F型は $100V \cdot DC$ のB型回路の応用で前記のE型と殆んど同じで動作も同様であるから説明を省略する。

2.4 E型点灯方式の諸特性

i) けい光灯の選択

現在交流用熱陰極けい光灯は20W用けい光灯及び40W用けい光灯が規格であり各々全長58cm、119.8cmになっている。次に示す一連の測定結果はこの規格の大きさのけい光灯を直列に点灯した場合の個数による各種測定値である。これにより電源電圧の変動に応じて個数を定めれば良い。なお現在サークラインが市販に進出しつつあるが、ボードラインの変りにこれを利用することが出来る。勿論サークラインには20Wけい光灯相当のものと40W用けい光灯相当のものゝ2種がある。

第11回及び第12図(A)、(B)はFL20W相当のけい光灯を直列に使用した場合の特性で、第11図はフィラメント電流及び主放電電流で、又点線矢印は最低起動電圧の

第11図

第12図

第13図

第14図

電圧位置を示し、数字は各補助抵抗を現わす。第12図(A)は各灯数の補助放電々流で、100mA との交点に於ける電源電圧は各々の最低起動電圧を現わす。但し補助抵抗は50Ωのものについて示した。第12図(B)は補助極電流を示し、100mA との交点の電源電圧は同じく最低点灯持続電圧を現わし、補助抵抗は同じく50オームである。第13図、第14図(A)・(B)はFL40W相当のもので内容は前記と同様である。

ii) 安定抵抗の選擇

前記の測定は安定抵抗としてすべて珐瑯抵抗器を使用しその値は第1表の通りである。

第1表 (単位オーム)

補助抵抗	FL-20W 3灯	FL-20W 4灯	FL-20W 5灯	FL-20W 6灯	FL-40W 2灯	FL-40W 3灯
100	1050	900	760	590	930	600
70	1080	930	790	620	960	630
50	1100	950	810	640	980	650
20	1130	980	840	670	1010	670

この安定抵抗に電球抵抗を使用する場合は第15図に示す如く、珐瑯抵抗器に比して非常に良い特性を示す。これは電球抵抗が温度に対して正の抵抗温度係数を有し、温度上昇すると共にその抵抗値が高くなるためである。また電球抵抗は光源として利用すれば効率は良くなる。また配色が良くなり光線の光に近づく長所がある。但し珐瑯抵抗に比して断線が多い欠点がある。

第15図及び第16図(A)・(B)の(I)はFL20W けい光灯

第15図

4本を40W 白熱電球5個を安定抵抗として点灯した場合、(II)は珐瑯抵抗として点灯した場合、(III)はFL40W けい光灯2本を珐瑯抵抗を安定抵抗として点灯した場合である。

iii) 補助抵抗の選擇

補助抵抗は前記測定結果にて示す如く大なるほど最

第16図

低起動、点灯持続電圧は低いが100オーム以上にすると

起動が速すぎて(瞬間点灯)予熱式を取らず熱電子放射物質を痛撃し、けい光灯の寿命を短くする原因になり易い。また前述の如く負極側の補助プレートに電流が流れ、これが冷陰極飛沫の原因を造る。現在までの結果では、70~100オーム程度が最適である。

また起動時間であるが電源挿入後、1秒以内に電磁リレー1回の動作で点灯する。但し最低起動電圧に近づく、2秒前後要するが1回で点灯し、グローススイッチの如き起動時のバツキは無い。

iv) チョークコイルの選擇

チョークコイルはフィラメント電流が切断されるときに過渡電圧を発生させて点灯を容易にするもので、普通電源極性交換を考えてチョークを電源の両側に挿入している。大体の値は、FL20W けい光灯用チョークを半分づつ両側に分けて用いれば充分である。

2.5 直流用二重電極けい光灯の電極構造及びその特徴

文献(1)・(2)に於て説明した直熱型、傍熱型併用のフィラメント電極については、結論として傍熱型フィラメントは電極全面から放電を起す為に電極のオキサイド(電子放射性酸化物)の消耗も少く、直熱、傍熱と併用して2倍近くの寿命が保障できる様になった。詳細については文献(1)・(2)を参照されたい。

なお直流用けい光灯には、補助プレートとして0.5×1.5cmの中空短形のニッケル板を用いてあるが、これは電磁リレーを動作させる電極である。この補助プレートのもう一つの作用は次の通りである。一般に市販交流用けい光灯を直流に使用の場合はこの電極が無く脚は2脚であるが、正極側はオキサイド塗布部分から主放電は起らず電源に最も近いリードから飛び、従って放電々流密度が不足で一般にリードが赤熱状態に近づく陽極飛沫の原因になる。この直流用けい光灯の場合は一定の大きさの補助プレートを有し、前記測定結果にも示す如く正極側の主放電の殆んどがこの電極から起り以上の欠点を除去することができた。

更にこの直流用二重電極けい光灯の重要な長所は、直流用けい光灯を使用することにより暗端効果が普通のけい光灯に比較して非常に少なくなることである。これは主放電中陰極側(負極側)の傍熱型フィラメントが絶えず赤熱状態にあり、その附近の水銀を熱攪乱すると同時に、けい光灯内のガス全体の温度を上昇させるのである。このことは非常な特徴で現在まで直流用にけい光灯を使用する場合この暗端効果を防止する為絶えず電源極性交換を行わなければならない欠点があつたが、このけい光灯の場合現在試験中のものは大体100~120時間で極性交換を

行っているが殆んど、暗端効果なく、更に長時間でも充分堪え得る様である。以上この直流用けい光灯は種々の点で優秀であることが判明した。

なお直熱傍熱併用の二重電極けい光灯を直列に全灯使用の場合の回路は C 型は別として E 型、F 型の点灯方式の内では E 型の方が適當であることを 2.3 で指摘したがそれは電源の点滅による電極のオキサイド異常蒸発を防止するためである。

第 2 表

組 合 せ	全 光 束 (lm)	全消費電力 (W)	全 効 率 (lm/W)	最低起動電圧 (補助抵抗 70 オーム)
20W×3 (ホーロー)	2460	220W	11.1	350 V
20W×4 (//)	3280	//	15.0	375 V
20W×5 (//)	4100	//	18.5	450 V
20W×6 (//)	4920	//	22.2	475 V
40W×2 (//)	3300	//	15.0	375 V
40W×3 (//)	4950	//	22.4	450 V
20W×4 (40W電球×5)	5130	//	23.2	300 V
20W×5 (40W電球×4)	5540	//	25.0	370 V

即ち第 10 図の F 型回路の電磁リレー動作用けい光灯に二重電極を使用した場合を考えると、これは図より明らかな如く E 型と相違して補助放電電流は負極側の補助プレートと直熱フィラメント（或は傍熱フィラメント）の間で起り、したがって負極側の電磁リレーコイルが働き点灯後の補助電流は正極側であるから、正極側のリレーコイルが動作して居り、負極側のコイルは動作をやめる。そして点灯中は負極側の傍熱電極が主放電を起している。

今消灯して或る時間後（3 秒～7 秒）再び電源が挿入された場合、傍熱電極は熱容量大なる為に余熱が存在しているから 100 mA の補助放電が直ちに起り、電磁リレー動作し、主放電が直熱に行かず未だ充分赤熱になっていない傍熱に移ることになり、この為傍熱電極のオキサイドが異常蒸発を起しその電極を痛めることにある。故に F 型回路の電源点滅の間隔は 10 秒以上必要である。これに比して E 型回路の場合は電磁リレーの動作は起動前後共正極側で、主放電中は正極側の二重電極は動作せず全く冷却して居り、点滅の都度正極側の二重電極が補助

放電を起す為 F 型回路の如き心配がない。但し極性変換の場合は F 型と同様な状態になりこれは 10 秒以上の間隔が必要である。尚傍熱フィラメントを省く場合は E 型、F 型どちらを使用しても同様である。

2.6 直流 600V 用熱陰極けい光灯の効率と特徴

i) 全効率

直流 20 W 用屋光色けい光灯全光束.....370mA・DC
820lm

直流 40W 用屋光色けい光灯全光束..... 370 mA・DC
1,650 lm

安定抵抗用 40W 電球.....
370mA・DC 370 lm

この数値より 600V・DC
の主放電電流 370WmA・D
の場合の各種効率を第 2 表
に示す。

また交流方式の場合は
MG の廻転損等の損失を考

慮に入れないと全効率は出ない。結局交流点灯方式を採用した場合と余り全効率は変わらない。

ii) 直流 600V 用熱陰極けい光灯の特徴

長 所

- (1) 直流電源のままで点灯出来る。
- (2) 点灯回路簡単堅牢、起動確実で電源電圧の変動に充分堪える。
- (3) 暗端効果が非常に少ない。
- (4) 極性変換が容易である。
- (5) 寿命が従来のものより長い。
- (6) 全効率は比較的良い。

短 所

- (1) 少なくとも直列けい光灯の内 1 本は電磁リレー動作用けい光灯としての、特殊けい光灯が必要である。

文 献

- 1) 神原・成瀬・渡辺：電気三学会連合大会（昭 29 年 5 月）420。
- 2) 神原・成瀬・渡辺：照学誌，38—6（昭 29）276。

第 3 号（年報号）追加及び訂正

巻頭言・右段 1 行目 5% 弱にあたる「」の次に、これに大口消費者の分も加えると数倍にわたる由である。を追加する。

左段上から 13 行 絶対数は絶対数の誤り。

なお、18 頁第 2.1.3 図，22 頁，第 2.4.2 図，24 頁，第 2.6.3 図 はそれぞれ写真でん倒でした。

読者ならびに筆者に深くおわび致します。