けい光放電灯の調光

専門会員 松田長三郎* 専門会員 阪口 忠雄* 正会員 森山 寛厚**

Dimming of Fluorescent Lamps

By Chozaburo Matsuda (Fellow), Tadao Sakaguchi (Fellow), and Hirotsu Moriyama (Member).
(Kyoto Univ.)

ABSTRACT

Characteristics of some dimming system are described.

(1) Dimming by voltage reduction

Light output of fluorescent lamps is controlled by means of variations in line voltage. It is simplest method, but the dimming characteristics are not very excellent.

(2) Dimming by transducer.

Brightness of fluorescent lamps can be controlled in the range of 100 to 1 by this system. It is most useful in future.

(3) Dimming by resonance circuit

Brightness of fluorescent lamps can be dimmed to about 5 percent of normal brightness by the resonance circuit of reactor and capacitor, of which values are selected carefully.

1. 緒 言

けい光放電灯が出現した当初においては、これを調光することがほとんど不可能に近かったため、劇場、映画館など、調光を必要とするものには使用することができなかった。

しかるにけい光放電灯の普及発達にともない、これらの用途に対してもけい光放電灯を使用することが要求されるに至り、けい光放電灯の調光に関する研究が各所で行われるようになり、¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾ 現在ではわが国においても、ある程度満足すべきものが実用せられるまでに至っており、今後その発展が大いに期待される研究課題の一つとなっている。筆者らも数年前より、これに関する系統的な研究を行ってきたので、⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾ これについて報告する。

2. けい光放電灯調光方式の分類

けい光放電灯の調光は白熱電球の場合とことなり、きわめて困難であるので、その方法も面倒であるが、これを大別して考えると、

- (1) 電源電圧を変化させる方式
- (2) サイラトロンを用いる方式
- (3) 可変インピーダンスによる方式
- (4) 可飽和リアクトルまたは磁気増幅器を用いる方式
- (5) 安定器の共振作用を利用する方式

になる。

* 京都大学工学部電気工学教室

** 京都大学工学研究所

以上のいずれの方式による場合でも、けい光放電灯を調光するにあたって、最も大切なことは、けい光放電灯のフィラメントに適当な電極加熱電流を、なんらかの方法によって流してやることで、これを行わない場合には到底満足な結果を得ることができない。

つぎに、これら各調光方式を簡単に説明する。

2.1 電源電圧を変化させる方法²⁾¹⁰⁾¹³⁾

この方法は最も簡単な方法で、白熱電球の調光の場合と同様、可変オートトランスや誘導電圧調整器などによって、けい光放電灯に印加される電圧を加減する方式で、回路は簡単であるが高度の調光を行うには不適当であるので、その用途も小規模の場合に限られる。

2.2 サイラトロンを用いる方法¹⁾³⁾

この方法も、すでに白熱電球の調光に利用せられている方法で、サイラトロンのグリッドに印加する電圧、あるいはその位相を調整することによって、サイラトロンの通電期間を加減し、けい光放電灯に流れる電流を制御して調光する方式である。

この方式は1%以下に減光せしめることも可能で、劇場などにも十分使用し得るが、欠点はサイラトロンのような有限の寿命をもったものを回路に含むことと、サイラトロンの特性上、減光が深まるにつれ、電流の休止期間が長くなり、ちらつきがしきようじやくなることである。筆者らは、この方式に対しては、あまり期待もっていないので、この種の回路については実験を行わなかった。

2.3 可変インピーダンス法⁹⁾

この方法はけい光放電灯回路に直列に可変の抵抗また

はインダクタンスを挿入して、けい光放電灯に流れる電流を制限し、調光するもので、簡単でかなり高度の調光が可能な回路である。

可変オートトランスにより印加電圧を変化させる方式では、減光時の起動にあたって低い電圧が印加されるため、起動が不確実になり、そのため起動用の補助設備を十分にしなければならないが、この方式では電源電圧自体は変化しないので、起動時には全電圧がけい光放電灯にかかり、起動が楽になる特長をもっている。

しかし一方、抵抗やインダクタンスを挿入すると、電力損失が増したり、力率が悪くなったりする欠点がある。イギリスではこの方式による劇場や講堂の照明あるいは商店のショーウィンドのディスプレイ用照明などが実施せられていることが報告されている。

2.4 可飽和リアクトルまたは磁気増幅器を用いる

方法 4)¹⁰⁾11)12)

これは上記の可変インピーダンス法の 1 種と考えられるもので、インダクタンスの調整を可飽和リアクトルによって行う方式で、けい光放電灯の安定器を可飽和リアクトルによって兼ねさせることもでき、きわめて優秀な調光方式である。この方式の原理は可飽和リアクトルの制御巻線に流す直流電流を変化させることにより、可飽和リアクトルのインダクタンスを変化して調光するものである。

この種の回路は高度の調光を行うのに適し、1% 以下の調光をも容易に行うことができる。筆者らも主として、この方式について研究を行った。

2.5 安定器の共振現象を利用する方法⁹⁾

けい光放電灯の点灯回路の一つである共振回路において、使用するコンデンサの容量とインダクタンスの値とを適当に選ぶことにより、けい光放電灯の調光を行うことができる。この方式は回路が非常に簡単であるので、ショーウィンドのディスプレイ用などには適当であるが、高度の調光を行うことはむずかしく、大体数%程度までより減光できない。

以上、各種の調光方式の概要を説明したが、つぎに筆者らの行った実験結果について述べる。

3. 可変電源電圧法¹⁰⁾¹¹⁾

3.1 電極加熱回路

普通のけい光放電灯では、電源電圧を下げて行くと、最初は減光するが、ある程度まで行くと急に消えてしまつて、調光の働きをなさない。この原因はけい光放電灯は定格状態では、熱陰極放電を行っているが、電源電圧が低下するにつれて、ランプ電流が減少するため、熱陰極を維持し得なくなるからである。

したがって、いかなる方法によってけい光放電灯を調光する場合でも、十分な調光を行うためには、ランプ電流が減少した状態においても熱電極を維持させ、放電を持続せしめるよう、けい光放電灯の電極フィラメントに、なんらかの方法によって加熱電流を流し、フィラメント温度の低下を防ぐことが必要である。

しかし、電極に加熱電流を流すにあたって、常に一定値の加熱電流を流すことは、定格値のランプ電流が流れている状態においては、フィラメントに対して過負荷になるので、ランプ電流に対し、差動的に電極加熱電流を流してやるのが望ましい。

筆者らは、この考えのもとに差動電極加熱方式を考案し、以下述べるあらゆる調光回路に、これを採用した。

3.2 調光回路とその特性

筆者らが実験した可変電源電圧方式による調光回路を示すと、第 1 図のとおりである。図において T_1 は調光用オートトランス、 T_2 は電極加熱用変圧器、 L はけい光放電灯点灯用安定器である。

この回路により調光を行うには、調光用オートトランスの摺動端子 c を移動させればよく、けい光放電灯には、 cd 間の電圧がかかるので、 c を a の側に移動させるほど減光し、 c を b の側に移動させるほど増光する。また、けい光放電灯

第 1 図 可変電源電圧方式による調光回路

の電極加熱用変圧器 T_2 の 1 次側には、 T_1 の bc 間の電圧がかかるので、けい光放電灯が減光するほど、高い電圧がかかることになり、電極加熱電流は増加する。

筆者らが設計した 40 W けい光放電灯 1 灯用調光回路において、けい光放電灯にかかる電圧、すなわち cd 間の電圧を変化させた場合に、電極加熱電流がいかに変化するかを示すと第 2 図曲線 a のとおりである。これより明らかなように、最減光時においては、電極加熱電流は約 400 mA 流れるが、最増光時、すなわちけい光放電灯の定格点灯時においては、電極加熱電流は 0 になっており、このため普通のけい光放電灯を用いても、寿命に影響をあたえることが少ない。

また、周知のように、けい光放電灯を調光するにあたり、定格状態からだんだん減光して行くのは比較的容易であるが、逆に最減光状態で起動し、だんだん増光して行くことはむずかしい。とくにここに述べた回路のように、けい光放電灯に印加する電圧を下げることによって調光する方式ではこれが困難である。

そこで、最減光時における起動を容易ならしめるため

第2図 可変電源電圧方式調光回路の調光特性 (40 W けい光放電灯)

に、特別な工夫を加えることが必要となる。筆者らはこの目的のために、けい光放電灯の管壁に細長い金属薄膜を貼り、これを接地するとともに、調光用オートトランス T_1 の b 側の端子を接地した。

このようにすることにより、金属薄膜とけい光放電灯の1極との間には常に $b-d$ 間の電圧が加わることになり、けい光放電灯の起動が容易になる。筆者らの実験によると、このような方法により、20 W けい光放電灯では $c-d$ 間の電圧約 60 V、40 W けい光放電灯では約 120 V で起動が可能になった。

この調光回路を用いて調光を行った場合の特性を示すと、40 W けい光放電灯の場合は第2図曲線 b のようになり、20 W けい光放電灯の場合には第3図のようになる。これらの図はいずれも定格時の光束を 100 % とした時の比光束の値で示してある。

第3図 可変電源電圧方式調光回路の調光特性 (20 W けい光放電灯)

はじめにも述べたように、この回路は非常に簡単ではあるが、調光特性は図より明らかなとおり、あまり優秀ではなく、約 3 ~ 10 % 程度までより減光できない。し

たがって、この種の調光回路は劇場などのように、大規模で高度の調光を必要とするところには不向きで、手軽に使えることを必要とする家庭用あるいはショーケースのディスプレイ用などに適当であろう。

4. 可飽和リアクトル法⁸⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾

4.1 1灯用回路

筆者らはけい光放電灯の調光回路として、最も有望なものは可飽和リアクトル、あるいは磁気増幅器を利用した回路であるとの考えのもとに、この種の回路につき、主として研究を行っている。この場合もちろん、電極加熱方式は、さきに述べた差動加熱方式を採用し、けい光放電灯の起動を容易ならしめるため、けい光放電灯の管壁には、接地金属薄膜を貼った。

筆者らが採用したこの種の回路は第4図 (a) (b) のような回路で、両者はまったく同じ原理に基づいており、ただ異なる点は (b) の方は饋還を加えることにより調光を急速に行わしめている点だけである。

第4図 可飽和リアクトル法による調光回路

これらの図において、 T_1 は調光用のオートトランス、 T_2 はけい光放電灯点灯用変圧器、 T_3 は可飽和リアクトルまたは磁気増幅器で、これはけい光放電灯の安定器として働くとともに、このインダクタンスが変化して調光の働きをする。 T_4 は電極加熱用変圧器、 G は饋還用整流器である。

この回路で調光を行うには、調光用オートトランスの可動端子 c を動かすだけでよく、 c を a の側に近づけると、 $a-c$ 間の電圧は低くなり、可飽和リアクトル T_3 の

制御巻線に流れる直流電流は少くなる。

したがって、可飽和リアクトルのインダクタンスは大きくなり、けい光放電灯に流れる電流が制限され、減光する。一方、このとき $b-c$ 間の電圧は大きくなり、これが電極加熱用変圧器 T_4 の 1 次側に加わるので、電極加熱電流は十分大きくなり、低光束時におけるけい光放電灯の点灯を容易ならしめる。

逆に調光用オートトランスの可動端子 c を b の側に近づけると、けい光放電灯は増光し、電極加熱電流は減少して、電極が過熱されるのを防ぐ。

この種の回路では、可飽和リアクトルの設計を適当にすれば、きわめて高度の調光を行うことが可能で、筆者らが試作した装置の調光特性の一例を示すと、第 5 図のとおりである。

第 5 図 可飽和リアクトル法調光回路の調光特性

この図は 40 W けい光放電灯に対する特性で図より明らかなように 1% 程度以下の調光を比較的容易に行うことができる。また、この回路の特長として、制御巻線に流す直流は直列に数個の可飽和リアクトルに流すこともできるし、これらをまた並列に制御することもできるので、1 個所の操作で多数のけい光放電灯の調光を容易に行うことができ、劇場などの大規模な調光には、この種の回路が最適であろう。

4.2 逐次起動回路¹²⁾

一般のけい光放電灯の瞬時起動あるいは速時起動回路において、1 灯あたりの起動電圧を低下せしめる方法として逐次起動が利用される。この回路はいまさら説明するまでもなく、安定器のインダクタンスと逐次起動用のコンデンサの容量との関係を利用して、けい光放電灯を並列に逐次起動した後、自動的に直列に点灯せしめるものである。

可飽和リアクトルを用いた調光回路においても、当然

この方式が利用できるはずであるが、可飽和リアクトルでは、インダクタンスの値が変化することによって調光するのであるから、この変化するインダクタンスと組合わせて、けい光放電灯をいかなる状態においても、逐次起動させるためには、適当な値のコンデンサを選定することが大切である。

筆者らは、このような見地より、試作した装置について、いろいろ実験した結果、ある程度満足すべき結果を得ることができた。すなわち、第 6 図に示すような回路を用い、逐次起動用コンデンサ C の値として、 $0.1 \sim 0.3 \mu F$ 程度のものを用いることにより、第 7 図に示すような調光特性が得られた。

第 6 図 逐次起動用可飽和リアクトル法による調光回路

第 7 図 逐次起動用可飽和リアクトル法調光回路の調光特性

第 6 図の各記号は第 4 図の場合と同じで、 C は逐次起動用のコンデンサである。また第 7 図の曲線 a は 20 W けい光放電灯に対する調光特性で、逐次起動用コンデンサ C の容量は $0.1 \mu F$ である。曲線 b は 40 W けい光放電灯の場合で、 C の値は $0.2 \mu F$ である。これより明らかなように、この回路によっても、1% 以下の調光が比較的容易に得られ、しかも、1 灯用の装置と、ほとんど変らない装置で、2 灯の調光を行うことができ、経済的に有利である。

ただ、この種の回路で一番重要なことは、はじめにも述べたように、調光状態のいかなる点で消灯しても、同じ状態で再点灯ができればならないことで、試作したものでは、もちろんこの要求を十分満足せしめている。

5. 共振回路法⁹⁾

けい光放電灯の点灯回路に LC の共振回路を用いると、けい光放電灯の低電圧起動が可能になり、これを調光に利用することができる。この方式により円滑な調光を行うためには、低電圧で、しかも熱陰極放電の形でけい光放電灯を起動することが必要である。

従来 LC の共振回路はけい光放電灯の瞬時起動回路として、一部使用されていたが、これを低電圧で、しかも熱陰極放電の形で起動させるには低電圧において十分な電極加熱電流を流し得るような LC の値を選定しなければならない。かかる条件を満足する LC の値の範囲は比較的狭く、いま代表的な共振回路を第 8 図に示すようなものとし、この回路で上記条件を満足する LC の値の一例を示すと第 1 表のとおりである。

第 8 図 基本共振回路

このような回路では、LC の関係により、起動にあたり、けい光放電灯の電極間には電源電圧よりも高い電圧がかかる上に、電極に十分な加熱電流が流れるので、20 W けい光放電灯では 30～50 V、40 W けい光放電灯では 60～80 V というきわめて低い電圧が起動できる。

この回路に印加する電圧を変化させると、第 9 図に示すようにけい光放電灯の広範囲にわたる調光が可能である。図の曲線 a, b, c はそれぞれ第 1 表の a, b, c の各回路を用いた場合の調光特性である。なお、それぞれの曲線の下部に短い横線が引いてあるが、その位置がけい光放電灯が起動する位置である。

第 1 表 共振回路で調光可能な LC の値					
	けい光放電灯	L	C	Ls	Cs
a	20 W	0.5 H	— μ F	0.15 H	10 μ F
b	40 W	1	—	—	4
c	40 W	1	1.5	—	10

この回路に印加する電圧を変化させると、第 9 図に示すようにけい光放電灯の広範囲にわたる調光が可能である。図の曲線 a, b, c はそれぞれ第 1 表の a, b, c の各回路を用いた場合の調光特性である。なお、それぞれの曲線の下部に短い横線が引いてあるが、その位置がけい光放電灯が起動する位置である。

したがって、調光するにあたり、減光は図の曲線の全範囲にわたり可能であるが、起動して増光して行く場合は、この位置以下の低光束の状態では不可能である。

第 9 図 共振回路による調光特性

この図からもわかるように、調光特性としては、あまり高度のものは得られないが、装置がきわめて簡単であるので、小規模で軽度の調光用としては十分使用し得るものと考えられる。

さらに寿命の点から考えると、前にも述べたように、低光束時には、十分な電極加熱電流が流れていることが必要であるが、定格光束時には、これができるだけ

第 10 図 共振回路の電極加熱電流

けい光放電灯の寿命を長くするためには差動加減光という要求がある程度満足され、第 10 図に示すように電源電圧の低下とともに、電極加熱電流は増加する特性をもっている。図で a は 20 W けい光放電灯、b は 40 W けい光放電灯の場合で、回路はそれぞれ第 1 表の a, b に相当している。

6. 結 言

けい光放電灯の調光ということは、現在の照明工学における研究課題として、重要なものの一つである。筆者らは、これに関し総合的な研究を行い、将来性のある各種の回路につき実験を行った。その結果、劇場、映画館などの大規模な高度の調光を要求するところでは、可飽和リアクトルあるいは磁気増幅器を用いる方法が最も適当であるが、家庭用またはショーウィンドのディスプレイ用のような手軽な調光を行いたい場合には、可変電源電圧法か共振回路で十分であろう。

また、けい光放電灯の寿命を長くするためには差動加

熱方式を採用し、低光束時のみ十分の電極加熱電流を流し、定格光束時には電極加熱電流を 0 またはできるだけ少くすることが望ましい。

さらに、低光束時の起動を容易にするためには接地された細長い金属薄膜をけい光放電灯の管壁に貼りつけることが必要である。

以上説明したところは、各種の調光回路の基本的な特性であって、今後これらを応用した実用的な回路が、どこし現われることを期待してやまない。

最後に本研究には、日立製作所の上村隆俊、野娃(イ)高校の京田隆夫の両氏が京都大学において研究に協力された。ここに記して深謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) J. H. Campbell, H. E. Schultz, W. H. Abbott: Ill. Eng 49 7 (1954)

- 2) A. Davis, R. E. Stephenson, L. D. Harris: Ill. Eng 50 143 (1955)
- 3) C. E. Williams: Proc. I. E. E. 101 577 (1954)
- 4) C. E. Williams: Proc. I. E. E. 98 466 (1951); 100 667 (1953)
- 5) H. H. Ballin, W. J. Vine: Trans. Ill. Eng. Soc. (London) 19 29 (1954)
- 6) 石森: 電三学会連大 513 (昭 30): 東芝レビュー 10 921 (昭 30)
- 7) 塚本: National Technical Report 2 105 (昭31)
- 8) 松田, 阪口, 上村: 京大工研彙報 7 69 (昭31)
- 9) 松田, 阪口, 京田: 電三学会連大 514 (昭30)
- 10) 松田, 阪口, 上村: 電三学会連大 515 (昭30)
- 11) 松田, 阪口, 上村: 京大工研彙報 8 27 (昭30); 8 36 (昭30)
- 12) 松田, 阪口, 森山: 電三学会関西支部連大 104 (昭31)
- 13) 石森: 電三学会連大 483 (昭31)

照明界トピックス

60 W のけい光放電管は 日立から発売さる

日立製作所ではかねてから研究中だった 60 W スーパーロビットけい光灯が、いよいよ完成して広く販売されることになった。

全長は 1759 mm で、72 インチのスリムライン型けい光ランプとまったく同じであって、管径は 38 mm、ランプ電流は 0.435 A、全光束は 4070 lm もあり、特徴としてはスリムライン型のものよりも低電圧 (300 V) で点灯すること、ソケットも一般のものが使われ、グロースイッチは不用で、しかも口出線をアースすることがいらないなどの諸点があげられる。なお、写真は FL-40 器具と新しいのものとの比較を示したものである。

東南アジア方面照明器具調査 団出発する

かねてから東南アジア方面に、わが国の照明器具の進出することについてうわさをされておったが、こん回市場を調査するために日本照明器具工業会長岩崎常喜、大山電機株式会社々長大山幸一郎、山田照明株式会社社長山田繁夫の三氏は日本照明器具工業を代表して 2 月 6 日 SAS 機で羽田を出発し、マニラ、サイゴン、シンガポール、バンコック、ラングーン、カルカッタ、ホンコンなどを視察して 3 月中旬帰京の予定。こんどの視察では価格はもちろん、品質、デザイン、電源関係、需要量の見込みなど広範にわたっており、業界では大きく期待をかけている。