照明器具のエレクトロニクス化技術[†]

—総 説—

専門会員 浦山 隆* 専門会員 青池 南城**

1. はじめに

放電灯の電子化の歴史は古く、蛍光灯が普及はじめたころ、バスなど車両用に開発されていたが、用途は限定されていた。1970年代に入って発生した、いわゆる石油危機を契機に、省エネ、省資源に対するニーズが高まり、これに応じて照明技術の分野では、光源の高効率化、長寿命化、日熱電球に代わる高効率光源としての蛍光灯のコンパクト化、H I Dランプの小型、小ワット化と演色性の改善が図られた。点灯回路の分野では、折から急速に進歩してきた電力制御用エレクトロニクス技術の光源システムへの導入が進められてきた。この時代の技術開発の方向は、高周波点灯することによって、蛍光ランプの効率が向上すること、点灯回路の小型軽量化ができることから、高効率かつ小型軽量化出来る高周波点灯回路の開発が中心課題であった。約10年前、高周波点灯するとちらつきがなく、目の衛生に良い点が評価され、子供の勉強机のスタンドに実用化されて以来、急速に普及しインバータは流行語にもなった。

その後80年代に入って、効率化、画一化の社会の営みの反省と生活水準の向上から、生活に「ゆとりと快適性」が求められるようになり、「物質から心(感性)」、「量から質」へ、さらには高級化、多様化、個性化志向の時代に入った。生活空間をより快適な雰囲気にし、「快適な暮らしを実現しながら省エネ、省資源をはかる」ためコンピュータ制御技術など電子情報技術を導入して、これらのニーズに応える技術開発がすすめられてきた。

2. 蛍光灯器具の電子化

蛍光ランプでは、高効率化、高演色化、コンパクト化が進み、電子化が最も進展している。光源においては、省電力、高演色性を指向した3波長型蛍光ランプや5波長型蛍光ランプさらには高周波点灯対応のH f 蛍光ランプ、電球代替用コンパクト蛍光ランプなどが普及し、点灯回路では電子バラスト化がすすみ、電子化による制御性能の良い点を生かして、調光、可変色制御、など高機能化も勧められてきている。

点灯回路に使用されるスイッチング回路は、デス Kristus

[†] On Electronic Technologies for Luminaires — An Overview —

*立命館大学 理工学部 電気電子工学科

Takashi Urayama

**東芝ライテック株式会社 研究所

Nanjou Aoiike

ンド用や電球型コンパクト蛍光灯用など低ワットのものでは、安定器の小型化の要求が強く回路が簡単なリンキングチョーク型やフライバック型など1石式インバータ回路が採用されている。住宅用の多灯器具や施設用の高ワット用のものは、2石式インバータ回路が採用されている。その代表的な回路は、比較的低耐電圧のデバイスが使えるハーフブリッジインバータ回路やシリーズインバータ回路が用いられている。点灯回路はいわゆるパワエレクトロニクス技術の一応用分野であるが、電力的には小容量の分野にあり、小型軽量化、回路の簡素化の観点から、利用できる基本回路は限られたものになる。現在、蛍光灯分野の高周波点灯回路技術は完成の域にあるといわれている。マイクロコンピュータやその他の電子制御技術を駆使して高機能化、高性能化がすすめられている。

調光制御では、広範囲にかつ連続的に行えるいくつかの回路が実用化されている。低電流時に直流電流を流し安定点灯行うもの、二つの固有振動回路によって点灯維持電圧を確保するもの¹⁾、R G B 3色のコンパクトランプを一体化し、個々のランプを調光制御した可変色制御ランプも実用化されている。また、蛍光ランプをパルス点灯して色温度可変するものも研究されている²⁾。

今後、規制が強化される高調波電流を抑制するため、アクティブフィルタを挿入したバラストも実用化されている。昇圧チョップによるアクティブフィルタを挿入することによって高調波電流を抑制するとともに、高効率化が実現でき、さらにこの回路の挿入によって100/200V 共用化など電源電圧の多様化にも対応できる副次的効果も得られている。

スイッチングデバイスのスイッチング制御用 I C や高耐圧 L S I の研究もすすめられている。コンパクトランプ用では、ランプのコンパクト化に対応して点灯回路の小型軽量化が特に望まれるが、そのために回路の簡素化、部品や実装技術の改良が進められている。

2. 1 高機能化の動向

種々の機能を付加した高付加価値、多機能バラスト(調光機能など)が発表されているが³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾、これらのインバータ式電子安定器は、整流平滑回路、直流電圧可変とアクティブフィルタを兼ねる昇圧チョッパー回路、主点灯回路のハーフブリッジインバータ回路及びリモコンからの信号を受けて各スイッチング回路を駆動する専用 L S I 制御回路と各種保護回路などで構成され、下記機能が単独又は複

数もった点灯回路が実現し、照明器具のエレクトロニクス化による高機能化に貢献している。

- (1) 調光
- (2) リモコン制御
- (3) 高調波低減、高力率化 100/200V 共用化
- (4) 遅延消灯制御
- (5) 光色・色温度可変制御

安定器を高機能化、多機能化すると、当然制御回路は複雑化する。そこで、制御回路の性能向上、小型化、高信頼化を図るために専用 IC 化されている。さらには、制御部とパワーデバイス回路を一体としたバラストのパワーモジュール化の研究もすすめられている。⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾

2. 2 高周波点灯専用形 Hf ランプ用蛍光灯器具¹¹⁾¹²⁾

オフィスでは「明るさを充分確保しながら快適な環境を作り出すこと」が求められているさらにはイニシャルコスト、ランニングコストを含めた経済性も重視されている。これに応えるランプとして高照度の高周波専用ランプが開発され、これを専用の電子安定器と組み合わせ、ランプ電力45W、光出力4500lm、ランプ効率100lm/W、システム効率約90lm/W の高効率の省電力型システムを実現している。

また、インバータ化することによって、光出力を100%、140% (従来の磁気回路式蛍光ランプシステム比では150%) 切り替え機能、各種制御保護回路も付加した高機能化が図られている。このランプはランプで径25.5mm (従来タイプ32mm) とスリムな形状になっていること、電子安定器は部品の改良とその実装技術の進歩によって厚さ25mmの軽量化、うす型の形状になった。うす型スリムなデザインは天井面に占める照明器具の面積が従来品に比べ2/3と小さくすっきりした天井面にデザインできるようになったこと、施工が楽などの省施工性にもすぐれるなどの副次的な利点もあり、従来のラビットスタート型に代わる省電力、省施工タイプの器具として期待されている。さらに、調光システムを付加した器具は大蔵省の「エネルギー有効利用付加設備ランプ」の減税対象設備に認定され、省エネ器具として普及促進が期待されている。

2. 3 住宅に於ける演出照明システム¹³⁾

「アメニティ」に対する関心の高まりから、住宅のあり方も大きく変化し、「単なる生活の場」から「快適でゆとりのある暮らしを営む場」として見られるようになってきた。

住空間の照明には、時間や用途によって変化する生活のシーンに合わせ、全般照明や間接照明、直接照明などの照明方法を用いて演出照明を行って快適な雰囲気を作り出すシステムも導入されている。その方法は、それぞれの特徴を持つ光源を組み合わせ、光源の色温度、演出性、照度の制御を行ってそれぞれの生活シーンに合った視環境を作ろうとするものである。これらは、電子安定器搭載の器具により、システム制御が容易になったことによるもので、マイコン処理技術、センサー技術、リモコン技術を総合したシステム技術の成果である。

3. H I D 器具の電子化

H I D ランプでは小ワット化、コンパクト化がすすみ、メタルハライドランプや高圧ナトリウムランプの改良もすすんで、演色性も改善された。H I D ランプは点光源に近く配光制御も用意なことから屋内用に広く使用されるようになってきた。

H I D ランプでは、高周波点灯したときの音響的共鳴現象による点灯の不安定問題と始動再始動の問題があるが、これらの諸問題を解決するために、ランプと点灯回路の両面からさまざまな研究が行われ、電子化技術の応用によって克服された。これらの技術をもとにプロジェクタなど O A 機器用、自動車用など一般照明以外の用途にも応用分野が拡大しはじめている。

瞬時再始動装置としては、パルス幅の異なる二つのパルスをランプに印加することによって、一般のパルス印加方式に比べ瞬時再点弧に必要なパルス電圧の波高値を 1/2 以下にし、瞬時再始動を容易に、さらにパルス発生機能を安定器回路内素子で共用して小型化する方法も考案されている。¹⁴⁾¹⁵⁾ 音響的共鳴現象の解明も進みこの現象を回避する方法として、矩形波方式が有効である事が明らかとなり、この方式を中心に実用化が進められている。現在、点灯方式としては、(1)矩形波点灯方式、(2)周波数変調方式、(3)第3次高調波重畳方式、さらに(4)100KHz 以上の点灯周波数で点灯する方式などにしぼられてきている。これらの回路を基本にイグナイタを内蔵するなどの回路技術上の工夫改良を加えて小型化した点灯方式が実用されている。H I D ランプ点灯装置の電子化は H I D ランプ固有の技術課題もあって、蛍光灯器具のそれに比べて遅れている。今後、さらに電子化とシステム制御化の努力が必要である。

4. 無電極蛍光ランプの点灯装置¹⁶⁾¹⁷⁾

画期的的な高光束、高効率、長寿命の無電極蛍光ランプ点灯装置が実用化されてきた。水銀蒸気を封入した発光体の外側から13.56MHz のマイクロ波帯電流による磁界によって励起され、紫外線を発生させるもので、この原理は古くから知られており新しいものではないが、実用化できたのは電子化技術の進歩の大きな成果である。しかし、従来の放電ランプとはその原理が異なり、無電極でアーク放電を利用するものではない。したがって、(1)40,000~60,000 時間と寿命が長く、(2)発光の応答が早い、(3)連続調光が可能、など多くの特徴を持っている。効率は発光体で約60lm/W、システム全体で約40lm/W で白熱電球に比べ高いが、まだ蛍光灯に比べ低い、しかし多くの可能性を秘めたランプとして今後の改良普及が期待される。

5. 規格標準化の動向

活発な研究成果に基づきエレクトロニクス化された照明器具は、従来の磁気式安定器では到底実現できない省エネルギー、省資源を実現するとともに高機能化によって、生

活の快適化に貢献することから急速な普及が進んでいる。円滑な普及拡大に欠かせないものとして規格標準化があり、規格化は一方で研究開発の方向に影響を及ぼす。安全性に関する規格は電気用品取締法によって規定されており、ここでは性能面についても規定したJIS、IES、工業会規格の動向について概要を述べる。

インバータによる蛍光灯電子安定器の規準は当初、日本電球工業会規格JEL502として1988年に制定運用された。

この規格を原案としてIEC規格との整合を配慮しながら1992年にJISC8117「蛍光灯電子安定器」が制定された¹⁸⁾。この規格は蛍光灯器具取付面の温度の過昇を防止する保護機能付きであること、耐電源衝撃波試験(雷サージ試験)、実用性加速評価試験などの義務づけ、高出力安定器の規定を設けたところに特徴があり安全性と耐久性及び機能を向上したものである。

1991年、高周波点灯専用形蛍光ランプシステムが実用化され、IEC整合の通常出力点灯に加え高出力点灯が可能で良好な環境を実現し同時に省エネルギー、省資源、さらには取付工事性にも優れていることもあって急速な普及拡大の兆しを見ている。1992年に日本電球工業会規格JEL211「Hf 蛍光ランプ」¹⁹⁾、JEL503「Hf 蛍光灯電子安定器」²⁰⁾、日本照明器具工業会規格JIL4003「Hf 蛍光器具」²¹⁾として制定運用されている。当初ランプ長1.2mサイズ(40w サイズ)のみであったが、今年になって1.5mサイズ(50w サイズ)が実用化されてその規格も制定された。今後ほかのサイズのランプシステムの実用化と規格化が期待される。また早期JIS化が望まれる。

一方蛍光灯電子安定器のIEC規格化は1980年代初頭から審議検討され日本も規格策定に参画した。IEC規格は磁気回路式安定器用に設計されたランプと高周波点灯専用設計開発されたランプ双方に適用する規格となっており、1990年にIEC928「蛍光灯電子安定器—安全規格—」²²⁾、IEC929「蛍光灯電子安定器—性能規格—」²³⁾として規定され発行された。なお、IEC81「一般照明用蛍光ランプ」²⁴⁾で規定している高周波点灯専用形蛍光ランプは通常出力点灯のみの規定となっている点が日本のものと異なっている。

また、IECでは調光形蛍光灯電子安定器の調光信号フォーマットを統一する規格の検討を進めており近々最終案がまとまる見通しである。

照明器具を含めた一般家電機器の電源高調波低減の規定についてはIEC規格を検討中であり、日本国内規格は(社)日本電気協会を中心に検討中である。今年末までに具体的な規制値のガイドラインが取りまとめられる予定である。

6. 結 言

このように、近年急速に電子化が進展してきた。そして器具の多様な制御を可能にする技術も開発された多機能、高性能化が達成されてきた。しかし小型化の面で不十分な

面もあり、今後とも高周波化を推進する必要がある。電子化技術に対するたゆまぬ努力の成果として数年前に出されていた課題の多くは解決され、または解決の方向が出されてきている、さらにこれまで不可能視されていた機能も実現の見通しがてできた。これをさらに推進するためには、ランプ、器具両者一体とした協調のとれた総合的な技術開発が求められる。

近年、パワーエレクトロニクス分野では回路技術、部品の改良並びにその実装技術において急速な進歩をとげており、高効率、小型軽量化、すなわちダウンサイジング化がすすんでいる。器具の電子化の分野でもこれらの技術を導入してさらに改良が加えられるのであろう。今後はコンピュータ化、システム化がさらに進み、そこに生活する人の快適性を推定し、判断し、それに合致するコントロールも可能になるであろう。

このためには、快適性に対する知識データや経験的データ、推論に必要な規制データなどのコンピュータソフトの構築と、ハードとしてこれらの制御を高精度、高効率でフレキシブルに行えるコンピュータコントロールが可能で制御容易な光源システムの開発が望まれる。

参 考 文 献

- 1) A. Okude et al: J. IES, P. 15, Winter'92
- 2) R. Itatani et al: LS-6, BUDAPEST 15L, Sept. '92
- 3) 坪井 他:平成4年照明学会東京支部大会論文集5 P.13
- 4) 菅谷 他:平成3年度照明学会全国大会論文集49P.76
- 5) 小松 他:平成3年度照明学会全国大会論文集23P.49
- 6) 中澤 他:平成4年照明学会東京支部大会論文集48P.104
- 7) 田中 他:平成3年度照明学会全国大会論文集22P.48
- 8) 仲矢 他:平成3年度照明学会全国大会論文集24P.50
- 9) 岡田 他:平成3年度照明学会全国大会論文集25P.51
- 10) 松井 他:平成3年度照明学会全国大会論文集26P.52
- 11) 高橋 他:平成4年照明学会東京支部大会論文集16P.16
- 12) 清水 他:平成4年照明学会東京支部大会論文集47P.101
- 13) 多田 他:平成4年照明学会東京支部大会論文集49P.108
- 14) 里見 他:平成3年度照明学会全国大会論文集45P.72
- 15) 荒川内 他:平成3年度照明学会全国大会論文集46P.73
- 16) M. Shinomiya et al: J. IES, P. 44 Winter '91
- 17) 岡本 他:平成3年度照明学会全国大会論文集1P.1
- 18) 日本工業規格JIS C8117「蛍光灯電子安定器」
- 19) 日本電球工業会規格JEL211-1992「Hf 蛍光ランプ」
- 20) 日本電球工業会規格JEL503-1992「Hf 蛍光灯電子安定器」
- 21) 日本照明器具工業会規格JIL4003-1992「Hf 蛍光器具」
- 22) IEC928(1990)「A. C. supplied electronic ballasts for tubular fluorescent lamps Genral and safety requirements」
- 23) IEC929(1990)「A. C. supplied electronic ballasts for tubular fluorescent lamps Performance requirements」
- 24) IEC81-AMENDMENT3-(1992)「Tubular fluorescent lamps for general lighting service」
- 25) 坂下栄二:高調波電流に関する「国際規格IEC552-2」とわが国の規格動向について」EMC No58 pp.120-126(1993年2月号)

著者紹介はP31

(受付1993年3月2日)