

快適な照明環境と省エネを実現する 蛍光ランプ用 電子安定器

Electronic Ballast Technologies for Comfortable Lighting Environment and Energy Saving

垣谷 勉 北村 紀之

■ KAKITANI Tsutomu

■ KITAMURA Noriyuki

1978年に東芝が世界で初めて直管40W蛍光ランプ用電子安定器を実用化してから既に四半世紀がたった。電子安定器は、照明の効率を高めると同時に、照明器具の小形・軽量化に寄与してきた。今では、省エネルギーを達成するための欠かせないキーコンポーネントであり、地球環境負荷低減にも貢献している。

更に、最近では省エネルギーだけでなく、快適な照明環境が要求されるようになってきており、このような要求に応えることのできる施設用電子安定器を開発した。この電子安定器は、新たに開発したインバータ制御ICを使用することで、調光機能や初期照度補正機能などを持った高機能機種へ容易に展開できる。

In 1978, Toshiba introduced the first electronic ballasts for 40 W tubular fluorescent lamps. Electronic ballasts have improved lighting performance while reducing the size, weight, and power consumption of lighting equipment. Nowadays, electronic ballasts have become indispensable components for energy saving, and will contribute toward reduction of the global environmental burden.

Furthermore, users require not only energy saving but also a comfortable lighting environment. To meet these needs, we have developed new electronic ballasts for fluorescent lamps that have dimming or initial illuminance control functions with the use of a newly invented inverter control IC.

1 まえがき

1978年に東芝が世界に先駆けて、蛍光ランプ用電子安定器を搭載した施設用照明器具を実用化してから既に四半世紀がたった。従来の磁気式安定器に比べ、省電力、小形・軽量、ランプ管端部のちらつきがない、などの特長を生かして広く普及してきた。国内で、電子安定器を搭載した照明器具の占める割合は、既に50%を超えている。

一方で、オフィスビルで照明に消費されるエネルギー量は、全電気エネルギーのうちの約30%を占めており、照明は省エネルギーを推進するうえで重要な管理項目のひとつである。

1990年代に入ると、地球温暖化防止や環境保全が社会的な重要課題として注目されるようになり、照明に対する省エネルギー化の要望がますます求められるようになった。1998年には「エネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネ法)」が改正され、蛍光灯器具は区分ごとに定められたエネルギー消費効率の目標値を達成することが求められた。

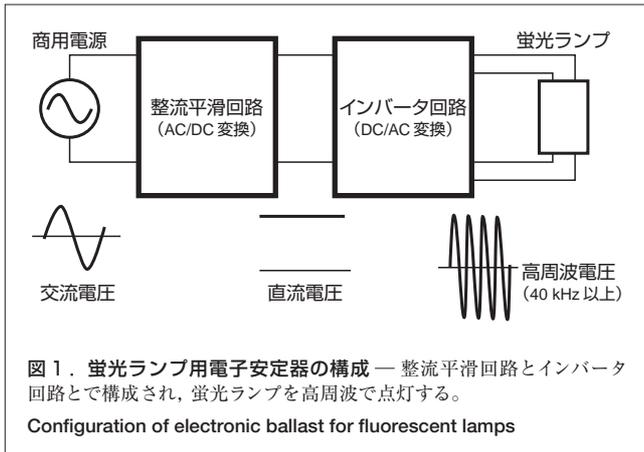
このような背景から、電子安定器は照明の省エネルギー化推進に欠くことのできないキーコンポーネントになっている。ここでは、一般照明用として広く普及している蛍光ランプ用電子安定器の生い立ちと、その最新技術について述べる。

2 蛍光ランプ用電子安定器の概要

蛍光ランプを高周波で点灯すると発光効率が向上することは、1940年代後半にCampbellらの研究によって明らかにされていた。商用周波数(50Hz又は60Hz)で点灯した場合に比べ、10kHz以上の高周波で点灯すると8%~16%ほど発光効率が向上する。しかし、当時は高周波インバータ回路を構成するための半導体がなかったために、実用化までには至っていない。1970年代に入ると、テレビのトランジスタ化が進み、水平偏向回路に用いる高耐圧トランジスタの出現によって、照明用インバータの実用化への道が開けた。1978年には、当社が世界で最初の直管40W蛍光ランプ用電子安定器(スーパーバラスト)を実用化し、これを搭載した照明器具を発売した⁽¹⁾。

蛍光ランプ用電子安定器の一般的な構成を図1に示す。商用交流電圧を整流平滑回路(AC/DC変換)でいったん直流電圧に変換した後、インバータ回路(DC/AC変換)で40kHz以上の高周波電圧に変換し、蛍光ランプを点灯する。インバータ回路の出力段には、通常、蛍光ランプと直列にインダクタンス(L)、並列にコンデンサ(C)が接続され、LC共振回路を構成している。

電子安定器は、蛍光ランプを安定に点灯する機能だけでなく、始動前の電極予熱や始動電圧を適切に制御する機能、また、ランプの寿命末期時の保護機能などが必要である。



明器具(ネオスリムTMV, ネオスリムTMVスクエア)は、高周波点灯の利点を最大限に発揮することのできる高周波点灯専用形蛍光ランプと組み合わせた製品が主流になった⁽²⁾。また、白熱電球の代替えとして使用できる電子安定器を内蔵した電球形蛍光ランプも急速に普及しており、白熱電球と同サイズで、従来の白熱灯器具にそのまま付け替えることのできる電球形蛍光ランプ(ネオボールZTM)も発売されている。従来の60W電球と比較すると、同じ明るさで消費電力が1/4、寿命が6倍になるので、省エネルギー効果やランニングコストの低減効果が非常に大きい。同種の電球形蛍光ランプは、なす形やボール形など各種の用途に合わせた形状のものが商品化されている。

これらの機能を実現するために、インバータのスイッチング周波数やオン時間などを変化させることによって、出力制御を行っている。

電子安定器は従来の磁気式安定器と比べ、次のような利点がある。

- (1) 高周波で点灯するので蛍光ランプの発光効率が向上でき、高効率な照明器具が実現できる。
- (2) 安定器が小形・軽量化できる。
- (3) 高周波点灯のためにランプ管端部のちらつきがない。
- (4) 電源周波数は50 Hz, 60 Hzが共用できる。
- (5) 始動時間が短く即時点灯する。
- (6) 調光が比較的容易にできる。

このような特長を生かして電子安定器を搭載した照明器具が普及してきたが、最近では、オフィスなどで使用される施設用照明器具(HfメロウラインTM, Hf-LCoTM)や、家庭用照

3 施設用電子安定器のプラットフォーム

3.1 基本回路構成

今回、開発した施設用電子安定器の基本回路を図2に示す。先に開発した電圧フリー施設用電子安定器と同じように、電源電圧は100V～242Vまでの範囲で使用することができる⁽³⁾。整流平滑回路には昇圧チョッパ回路を採用し、高周波インバータ回路にはハーフブリッジ回路を採用した。昇圧チョッパ回路は商用交流電圧(100V～242V)を直流電圧に変換し、直流電圧の安定化を図るとともに、入力電流波形を正弦波に近づけることで高調波の発生を抑制する。入力電流の高調波含有率は、JIS C 61000-3-2のクラスCに適合している。後段に接続されたインバータ回路は、ハーフブリッジ回路で構成され、直流電圧を高周波電圧に変換し、蛍光ランプを始動させる前の電極の予熱や始動電圧の発生

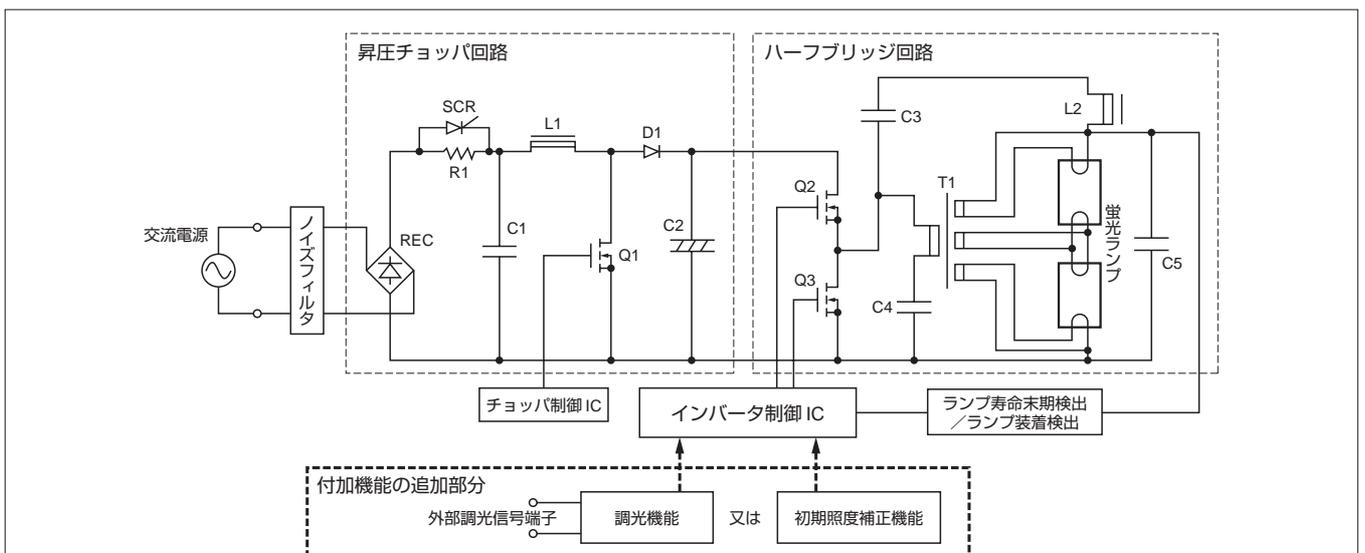


図2. 施設用電子安定器の基本回路 — 昇圧チョッパ回路とハーフブリッジ・インバータ回路とで構成され、専用ICによってインバータを制御する。
Circuit of new electronic ballast for building lighting

特集

快適

といった出力制御を行う。

また、今回開発した施設用電子安定器は、インバータとして必要な機能を制御ICに持たせたので、基本回路(非調光タイプ)をベースに、必要な回路を付加することで、後に述べる調光や初期照度補正などの機能を持たせることができる。

3.2 専用制御IC

インバータの制御回路については、部品点数の削減、低コスト化、機種展開の容易性を考慮して、専用制御ICを開発した。インバータの制御を行う専用制御ICのブロック構成を図3に示す。また、今回開発した専用制御ICの各回路の主な機能は次のとおりである。

- (1) 起動回路 電源投入時にICの制御電源を供給する。
- (2) 発振制御回路 高周波発振回路でインバータを駆動するための信号を作る。
- (3) ハイサイド/ローサイドMOSFET(金属酸化膜半導体型電界効果トランジスタ)駆動回路 発振制御回路から得られた信号をハーフブリッジインバータのMOSFETへ伝える。

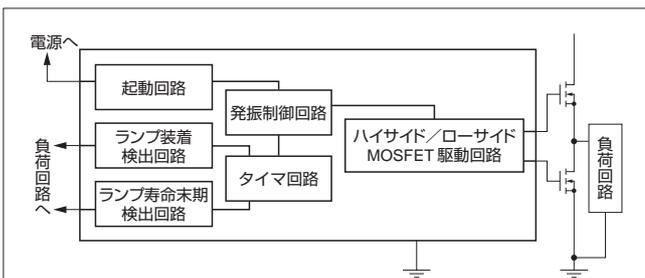


図3. インバータ制御ICのブロック構成 — 電子安定器を制御するICとして必要な機能を持っている。
Block diagram of inverter control IC



図4. 施設用電子安定器の外観 — 電源電圧は100V～242Vまで使用でき、高周波点灯専用形蛍光ランプと組み合わせることで、高効率な照明器具が実現できる。
New electronic ballast for building lighting

- (4) タイマ回路 蛍光ランプの始動前予熱、始動電圧などの各種動作の時間設定などを行う。
- (5) ランプ装着検出回路 ランプの装着有無を検出して適切な動作をさせる。
- (6) ランプ寿命末期検出回路 ランプの寿命末期を検出し、インバータの発振を停止させる。

今回開発した制御ICを用いることにより、基本回路をプラットフォーム化することができ、異なったランプへの対応や、次に述べる高機能化への対応などの機種展開を短期間でできるようになる。電子安定器の外観を図4に示す。

4 高機能電子安定器への展開

4.1 調光用電子安定器

基本回路に、外部からの調光信号(PWM(パルス幅変調)信号)とのインタフェースを行う調光制御回路を付加することによって、光出力を100%～25%まで連続調光することが可能となる。調光用電子安定器は、当社の調光制御デバイスである SESL IITM などと組み合わせることによって、様々な省電力制御が可能となる。

図5は、照明制御システムの一例を示す構成図である。100%～25%連続調光可能な電子安定器を搭載した照明器具と光センサとを組み合わせることによって、光センサから得られる情報に基づいて必要な照度となるように各列の照明器具を制御する。

図6は適正照度制御の概念を示したもので、日光の差し込む窓際の照明は調光し、窓から遠いところに行くに従って、光出力を上げていく。周囲の明るさに対応して室内の照明器具の光出力を制御することで、常に一定の適正照度に維持できる。

図7は人感知センサと組み合わせて省電力を図った例である。図に示すように不在時には調光下限に、在室時には全光にすることで、むだな電力を削減することができる。また、

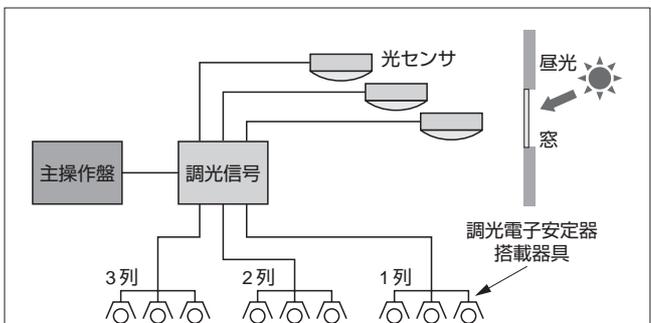
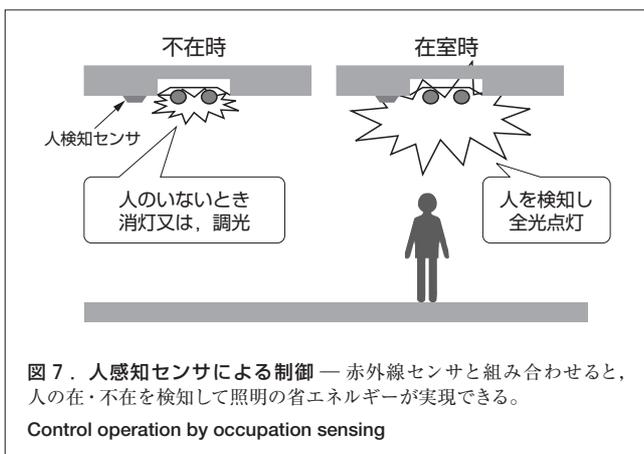
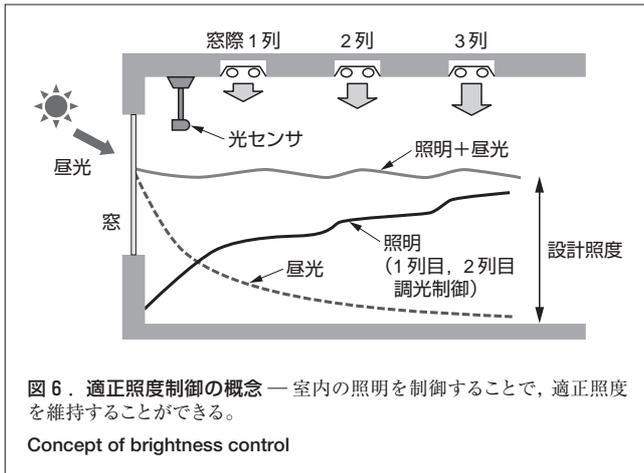


図5. 照明制御システムの一例 — 100%～25%連続調光電子安定器と光センサとを組み合わせることで照明を制御する。
Example of lighting control system

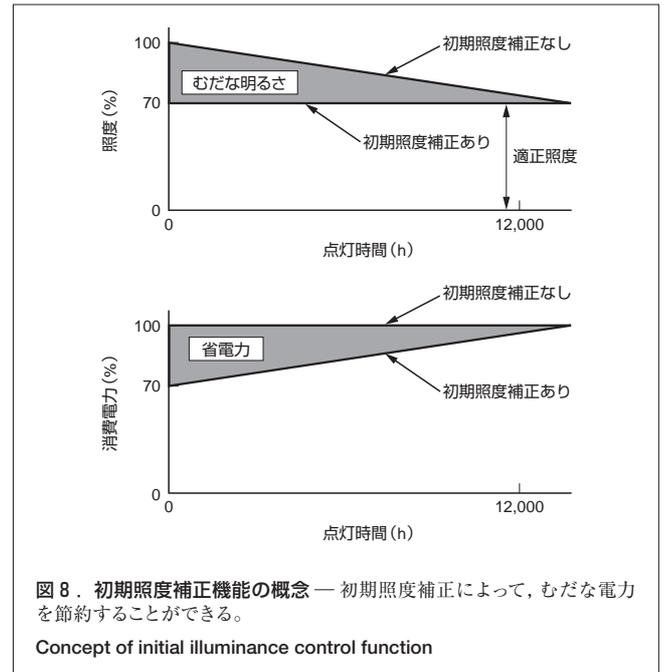


適正照度制御と人感知センサによる在・不在制御を複合的に行うこともできる⁽⁴⁾。

4.2 初期照度補正機能内蔵電子安定器

オフィスなどの照明設計をする場合には、照明器具の汚れや蛍光灯自体の光束の低下を見込んで、初期照度は適正な照度よりも明るくなるように設計する。したがって、設置した初期の段階では必要以上の明るさが出ており、言い換えれば無駄な電力が消費されていることになる。これを補正して、常に必要とされる一定の適正照度に保つことができれば、電力を節約することができる。

初期照度補正の概念を図8に示す。初期照度補正機能を内蔵した電子安定器は、このような制御を行うことのできるもので、電子安定器内部に点灯時間を積算するマイコンが搭載されている。設置初期の段階では、電子安定器は光出力が70%に設定してあり、点灯時間とともに光出力を高くなるように制御を行うので、常に一定の照度となる。電子安定器自身が初期照度補正機能を持っているために、従来のように制御機器を必要としないのでめんどろな信号線の施工や設定作業が不要となり、非常に簡単な施工で大幅な省電力が実現できる。



5 あとがき

蛍光灯を高周波点灯する電子安定器の概要と、その最新技術について述べた。照明機器に対する省エネルギー化への期待が強まるなかで、電子安定器は、照明システムのキーコンポーネントとして重要な位置を占めるようになった。今後は、省エネルギーの効果と同時に光環境の快適性の向上を図る手段として、センサやネットワークなどと組み合わせられた照明器具が普及することが予想される。

このような要求に対応できる電子安定器の開発を今後も進めていく。

文献

- (1) 小林久夫, ほか. 省電力形電子安定器スーパーバラスト. 東芝レビュー. **34**, 7, 1978, p.585-588.
- (2) 西村 潔, ほか. 角形蛍光灯ランプ「ネオスリムZスクエア™」と応用照明器具. 東芝レビュー. **60**, 2, 2005, p.70-73.
- (3) 大武寛和, ほか. 電圧フリー施設用蛍光灯器具. 東芝レビュー. **58**, 11, 2003, p.57-60.
- (4) 森本康司, ほか. オフィスにおける照明設備の省エネ制御. 東芝レビュー. **59**, 10, 2004, p.22-26.



垣谷 勉 KAKITANI Tsutomu

東芝ライテック(株) 電材照明社 電材技術部参事。
蛍光灯用電子安定器の設計・開発に従事。照明学会
会員。

Toshiba Lighting & Technology Corp.



北村 紀之 KITAMURA Noriyuki

東芝ライテック(株) 電材照明社 電材技術部主務。
蛍光灯用電子安定器の設計・開発に従事。照明学会
会員。

Toshiba Lighting & Technology Corp.