

J I E R - 0 0 9

電子点灯回路の実用化研究調査

報告書

昭和62年7月

社団法人 照明学会
電子点灯回路の実用化研究調査委員会

目 次

まえがき		1
第1章 点灯回路からみた放電ランプ		4
1.1 はじめに		4
1.2 放電ランプの電流電圧特性		4
1.3 点灯周波数、波形による効率の向上		5
1.4 不安定放電		8
1.4.1 音響的共鳴現象		8
1.4.2 移動縮		9
1.5 放電ランプの始動特性		9
1.6 放電ランプの出力変動特性		13
1.7 引用文献		15
第2章 点灯回路のパワーエレクトロニクス		17
2.1 電子回路式点灯回路（安定器）の分類		17
2.1.1 半導体スタータ（イグナイタ）、半導体スタータ形安定器		17
2.1.2 毎サイクル点弧形安定器		18
2.1.3 位相制御形安定器		18
2.1.4 高周波点灯形安定器		18
2.1.5 スイッチングレギュレータ形安定器		18
2.2 電子回路式点灯回路の基本原理		18
2.2.1 半導体スタータ、イグナイタ		19
2.2.2 毎サイクル点弧形安定器		22
2.2.3 位相制御形安定器		23
2.2.4 高周波点灯形安定器		24
2.2.5 スイッチングレギュレータ形安定器		30
2.2.6 安定器の付加機能		31
2.3 パワーエレクトロニクス用電子部品の動向		34
2.3.1 スイッチング素子		34
2.3.2 トランス		36
2.3.3 コンデンサ		45
2.3.4 ハイブリッドIC		46
2.4 引用文献		49

第3章 安定器電子化の技術的効果と最近の動向	52
3.1 電子化による技術的効果	52
3.1.1 蛍光ランプ用安定器	53
3.1.2 H I Dランプ用安定器	55
3.2 最近の安定器電子化の動向	58
3.2.1 一般照明用蛍光ランプ用安定器	58
3.2.2 非常灯、誘導灯用蛍光ランプ用安定器	68
3.2.3 一般照明用H I Dランプ用安定器	69
3.3 引用文献	75
第4章 電子化に適合するランプ開発の動向	78
4.1 一般照明用ランプの電子化安定器への適合化	78
4.1.1 蛍光ランプ	78
4.1.2 高圧放電ランプ	78
4.2 電子化安定器専用ランプの動向	79
4.2.1 蛍光ランプ	79
4.2.2 高圧放電ランプ	79
第5章 電子回路式安定器の評価	81
5.1 測定回路と測定方法	81
5.1.1 電気特性の測定	81
5.1.2 妨害波の測定	82
5.2 ランプの始動と寿命	83
5.3 総合効率と経済性	84
5.3.1 施設用蛍光灯高周波点灯形安定器の例	84
5.3.2 住宅用蛍光灯高周波点灯形安定器の例	85
5.3.3 電球形蛍光ランプ（電子回路式安定器内蔵形）の例	85
5.3.4 H I Dランプ用電子回路式安定器の例	85
5.4 電子回路式安定器の安全性	86
5.5 引用文献	87
第6章 電子化の今後の課題	88
6.1 蛍光ランプ用安定器の電子化における課題	88
6.2 H I Dランプ用安定器の電子化における課題	89
6.3 電子回路式安定器の信頼性	89
6.4 発生ノイズの抑制	90
6.5 応用分野の拡大	92
6.5.1 一般照明用	92
6.5.2 産業機器用	92

6.6	新技術の開発	96
6.6.1	最近の技術動向	96
6.6.2	今後に予想される技術動向	98
6.7	引用文献	100
第7章	その他	101
7.1	電子化に伴う規格基準	101
7.2	参考文献	103
	あとがき	119

まえがき

蛍光灯用電子安定器の開発が始められてから約25年、この間光源の高効率化と安定器の低損失化、小型・軽量化をめざした研究開発が活発に進められて来た。

1970年に起きた石油ショックを契機にした社会の省エネルギー思想の浸透、電子技術の急速な発展等社会と産業界の大きな変革の中で光源システム分野にも電子化の波が押し寄せ、電子化によって光源システムの高効率化、小型・軽量化、高機能化を図る研究開発が活発に進められて来ている。

また、近年蛍光ランプのコンパクト化、HIDランプの低ワット化した白熱電球代替用小型放電ランプの開発など社会の多様なニーズに応える光源システムの技術開発も盛んに行われているが、その一方で発生ノイズ、光源システムの信頼性、ランプ寿命に及ぼす影響など解決すべき新たな課題も生まれて来ている。

この時点で、これまでの成果と今後に残された課題を調査、整理しておくことは、今後のこの分野の技術的発展と実用化の促進をはかる上で極めて重要である。

以上の観点から、電子点灯回路の実用化研究調査委員会が昭和59年6月に設置され、昭和62年3月まで13回の委員会を持って精力的に放電灯安定器電子化の動向について調査研究を行って来た。

本報告書はその結果をまとめたものである。

「放電灯安定器の動向」については、すでに電気学会で調査研究が行われ58年にその結果をまとめた技術報告書が出されている。今回の報告書は、電気学会、技術報告書を継承しそれ以後の動向を安定器電子化にスポットをあててまとめている。

まず、電子点灯回路の動作の理解を助けることを目的に、ランプの基本特性、点灯回路の基本動作について述べた。ここでは、点灯回路の設計に必要な技術的指針が与えられるようランプの電気的特性と回路動作に力点を置いている。

ついで、最近の点灯回路電子化の動向とこれに適合するランプの開発の動向を調査した。なお、電気学会での調査と重複を避けるため調査範囲を58年以後とした。

電子点灯回路の試験・評価法は、従来の銅-鉄型安定器とは異なる手法も必要となるが、それらの統一と標準化の一助として、現在行われている方法にも言及した。

最後に、点灯回路の電子化によって新たに発生した課題と、これに対する取組の現状、及び点灯回路電子化の将来についても検討を行った。

文献は本報告で引用されたもののほか、内外の重要とみられるものをできるだけ多く収録した。電気学会技術報告書の参考文献と合わせて活用して頂きたい。

なお、委員会の構成と審議経過は以下の通りである。

「電子点灯回路の実用化研究調査委員会」委員構成

委員長	浦山 隆	立命館大学
幹事	小山 和孝	松下電器(株)
	小山 敦夫	日立照明(株)

委員	青池 南城	東芝電材 (株)
	石井 弘允	日本大学
	井上 昭浩	(株) 東芝
	大野 宏	(株) 日立製作所
	尾崎 進	神戸市立工業高等専門学校
	腰原 正彦	岩崎電気 (株)
	坂田 行正	(株) 共進電機製作所
	高須 啓次	日本電池 (株)
	高橋 誠	鳥取大学
	中西 宣一郎	岡山大学
	中原 康久	ニッポ電機 (株)
	二井内 勝彦	日電ホームエレクトロニクス (株)
	野口 透	摂南大学
	畑田 昌道	黒井電機 (株)
	前田 孝義	松下電工 (株)
	水野 銛章	名古屋工業大学
	山崎 広義	三菱電機 (株)
旧委員	森本 俊一	三菱電機 (株)

委員会経過報告

第1回委員会 (昭和59年8月22日)

設置趣意書および研究調査項目(案)をもとに、本委員会の進め方等について討議した。

第2回委員会 (昭和59年10月30日)

電気学会技術報告Ⅱ部第172号「最近の放電灯安定器とその動向」に基づき昭和58年までの安定器電子化の状況の確認を行なうとともに、昭和58年以降に発表された文献、資料、カタログ類についての情報提供と意見交換を行なった。

第3回委員会 (昭和59年12月11日)

一般照用途以外の電子回路の応用例について資料提供と意見交換を行なった。

第4回委員会 (昭和60年3月1日)

今後の研究調査の進め方につき討議し、調査検討項目を7章に分け、各章の担当委員を決定した。

第5回委員会 (昭和60年5月21日)

各章での調査項目について討議した。

第6回委員会 (昭和60年7月16日)

前回に引き続き調査項目について討議した。

第1章 点灯回路からみた放電ランプの特性

1.1 はじめに

放電灯点灯装置の小形軽量化を目的として各種の電子点灯回路が検討され実用化されつつある。本章では電子点灯回路を設計する上で重要な放電ランプのいくつかの特性について述べる。

1.2 放電ランプの電流電圧特性

放電ランプは大別して、蛍光ランプ、低圧ナトリウムランプなどの低圧放電ランプと、水銀ランプ、メタルハライドランプ、高圧ナトリウムランプ、キセノンランプなどの高圧放電ランプより構成される。放電ランプの分類を図1.1に示す。これ

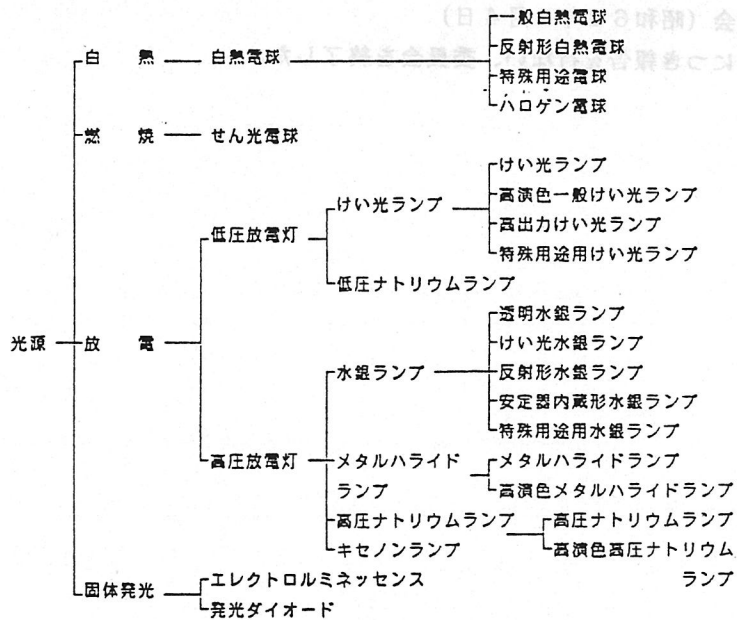


図1.1 放電ランプの分類

ら放電ランプの放電特性は図1.2に示すように微小電流域ではいわゆる暗放電或いはタウンゼント放電領域と呼ばれる領域（OA間）、そして電流が増すに従って正規グロー放電といわれる定電圧特性領域（BC間）、異常グロー放電といわれる正特性領域（CD間）、アーク放電である負特性の領域に別けることができる¹⁾。

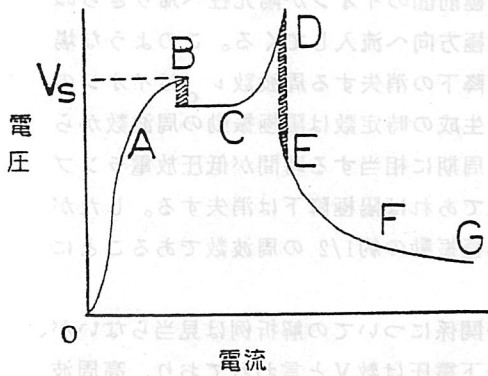


図1.2 放電電流，電圧特性

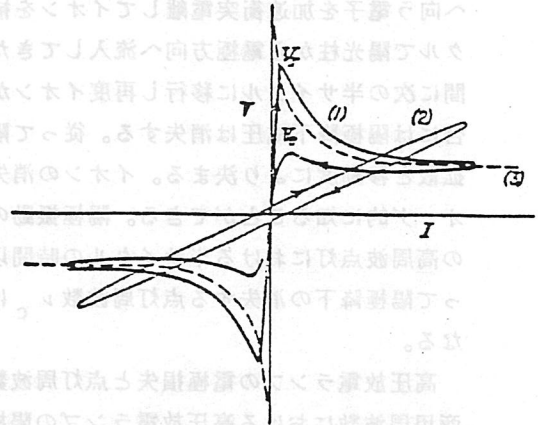


図1.3 交流アーク放電の電圧電流特性

高周波電源で放電ランプを点灯すると図1.3に示すように周波数の低い場合には図1.2のEF部分に相当するリサーチ図形を示す(1)が、これは主として1周期の間に電子温度が変化することに起因している。点灯周波数を高くしてゆくと1周期の間の電子温度変化が少なくなり、抵抗のように振舞うようになる(2)¹⁾。したがってランプ自身の電圧電流の位相差がなくなりランプ力率は1に接近してゆく。

1. 3 点灯周波数、波形による効率の向上

放電ランプを高周波点灯すると効率が向上することはよく知られている。まず低圧放電ランプの効率向上のメカニズムについて考えてみる。効率が向上する原因の1つは電極降下電圧の減少であり、今1つは陽光柱自体の効率向上である^{2), 3), 4), 5)}。

電極降下電圧の減少は図1.4に示すように²⁾、ある周波数 ν_c を境に急激に起きる。この周波数 ν_c はガスの種類、ガス圧によって変化する。この陽極降下電圧の減少する理由は次のように説明されている。すなわち定常放電では陽光柱の陽極側端では正イオンが補給されなければならないが、陽極降下電圧が発生し陽極

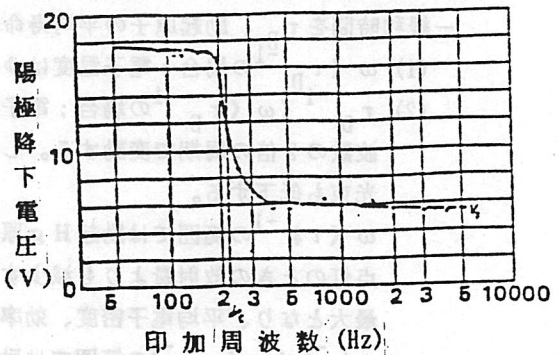


図1.4 点灯周波数と陽極降下電圧²⁾

へ向う電子を加速衝突電離してイオンを補給している。高周波になると前の半サイクルで陽光柱から電極方向へ流入してきた電極前面のイオンが陽光柱へ帰りきらぬ間に次の半サイクルに移行し再度イオンが電極方向へ流入してくる。このような場合には陽極降下電圧は消失する。従って陽極降下の消失する周波数 ν_c はイオンの拡散と移動度により決まる。イオンの消失、生成の特定数は陽極振動の周波数からオーダ的に知ることができる。陽極振動の1周期に相当する時間が低圧放電ランプの高周波点灯における半サイクルの時間以上であれば陽極降下は消失する。したがって陽極降下の消失する点灯周波数 ν_c は陽極振動の約1/2の周波数であることになる。

高圧放電ランプの電極損失と点灯周波数の関係についての解析例は見当たらないが、商用周波数における高圧放電ランプの陽極降下電圧は数Vと言われており、高周波点灯してもこの値がそれ程低下するとは考え難い。

陽光柱における効率は蛍光ランプでは500Hz程度までは減少しその後は増大に転ずる。これは陽光柱の電位傾度の変化と対応している。周波数の増加と共に電子温度が平均値へ収束して行き、拡散等で失われる電子・イオンが減少することによる^{3),4),5)}。

表 1.1 低圧放電ランプの原子及びプラズマの特性値

	蛍光ランプ		低圧Naランプ	
	特性時間	対応周波数	特性時間	対応周波数
両極性拡散	$\tau_D = 5 \text{ mS}$	$\sim 50 \text{ Hz}$	$< 0.2 \text{ mS}$	$> 1 \text{ KHz}$
電子エネルギー緩和	$\tau_E = 2 \mu\text{S}$	$\sim 100 \text{ KHz}$	$> 1 \mu\text{S}$	$< 150 \text{ KHz}$
励起Hg原子の平均寿命	$\tau^* = 25 \mu\text{S}$	$\sim 10 \text{ KHz}$	$\sim 2 \mu\text{S}$	$\sim 100 \text{ KHz}$

低圧放電ランプの原子及びプラズマの特性値を示すと表1.1 のようになる^{5),6)}。

点灯周波数を f とし $\omega = 2\pi f$ で考えると、両極性拡散時間を τ_D 、電子エネルギー緩和時間を τ_E 、励起原子の平均寿命を τ^* とすると、蛍光ランプでは

(1) $\omega \ll \tau_D^{-1}$ の場合；電子温度はゆっくりと変動し放電特性は直流的となる。

(2) $\tau_D^{-1} \ll \omega \ll \tau_E^{-1}$ の場合；電子密度は変動しなくなるが電子温度は点灯周波数の2倍の周期で変動する。したがって平均電子温度は低下し、電位傾度、光束も低下する。

$\omega \ll \tau^*^{-1}$ の範囲では励起Hg原子の密度も変動し、紫外放射も変動し直流点灯のときの放射量よりも減少する。 $f = 500 \text{ Hz}$ 前後で電子温度変動が最大となり、平均電子密度、効率が最低となる。

$\tau^*^{-1} \ll \omega \ll \tau_E^{-1}$ の範囲では励起Hg原子の変動がなくなり、その密度は直流点灯の場合を越えるようになるが電子温度の変動はある。したがって平

均電子温度は直流点灯の場合より若干低くそのため弾性衝突によるエネルギー損失が直流の場合より若干少なく効率は直流の場合より高くなる。

(3) $\tau_E^{-1} \ll \omega$ の場合；電子温度の変動もなくなり、直流点灯の条件に近づく。

低圧ナトリウムランプの場合にもまったく同様であるが励起Na原子の平均寿命時間がHgに比較して1桁小さいので、陽光柱効率の向上は蛍光ランプに比較して周波数が高い方へ移行している。低圧ナトリウムランプでは低周波点灯時、電流ピーク値付近で陽光柱中心部でのNa原子の枯渇 (depletion) が起こり、光束低下の原因となるが直流点灯および高周波点灯では電子温度、電子密度、励起原子密度など

の変動が減少し枯渇も抑制されて蛍光ランプ以上に効率の向上が大きい。図1.5に低圧ナトリウムランプの点灯周波数と効率の関係を、図1.6に点灯波形と効率の関係を示す⁶⁾。三角波、正弦波、矩形波の順に効率が向上するが、この理由は上述の電子温度の変動の大きさによるものである。すなわち点灯波形の実行値とピーク値の差の小さいもの程効率は高くなる。図1.6で矩形波点灯の50Hzと100kHzの効率差は電極降下電圧の低下によるものである。

高圧放電ランプの場合には電離と消滅の機構が低圧放電ランプとは異なり熱電離である。したがって熱的緩和が周波数特性を決定することになるが、今のところこのような観点からの解析例は見当たらない。実験的には点灯周波数が1kHz程度までは効率向上が見られるが1kHz以上では飽和してしまう^{7), 8)}。これを図1.7に示す。

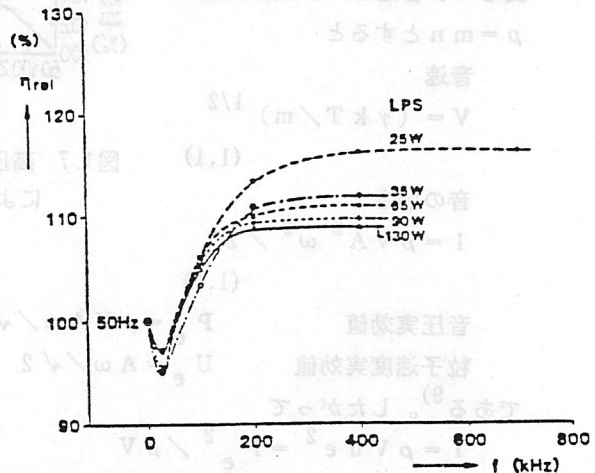


図1.5 低圧ナトリウムランプの点灯周波数による効率の変化⁶⁾

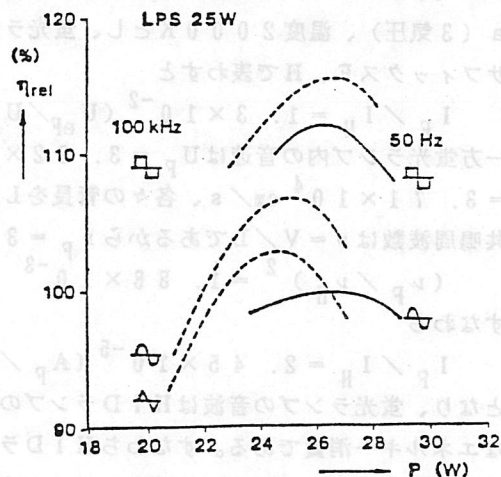


図1.6 点灯波形による効率の差⁶⁾

1. 4 不安定放電

1. 4. 1 音響的共鳴現象

気体中の音波エネルギーはガス密度に比例して伝播される。すなわち音波の振幅をA、角速度を ω 、音速をV、気体密度を $\rho = mn$ とすると

音速

$$V = (\gamma k T / m)^{1/2} \quad (1.1)$$

音の強さ

$$I = \rho V A^2 \omega^2 / 2 \quad (1.2)$$

音圧実効値 $P_e = \rho V A \omega / \sqrt{2} \quad (1.3)$

粒子速度実効値 $U_e = A \omega / \sqrt{2} \quad (1.4)$

である⁹⁾。したがって

$$I = \rho V U_e^2 = P_e^2 / \rho V \quad (1.5)$$

で与えられる。ここで蛍光ランプとHIDランプの発光管内を単位時間、単位面積当り伝播する音波エネルギーの比を求めてみる。蛍光ランプのガス圧をAr 400 Pa (3 Torr)、温度300 K、HIDランプのガスをHgのみ 3×10^5 Pa (3気圧)、温度2000 Kとし、蛍光ランプ、HIDランプの場合をそれぞれサフィックスF、Hで表わすと

$$I_F / I_H = 1.3 \times 10^{-2} (U_{eF} / U_{eH})^2 \quad (1.6)$$

一方蛍光ランプ内の音速は $U_F = 3.22 \times 10^4$ cm/s、HIDランプでは $U_H = 3.71 \times 10^4$ cm/s、各々の管長を $L_F = 100$ cm、 $L_H = 5$ cmとして基本共鳴周波数は $\nu = V/L$ であるから $\nu_F = 322$ Hz、 $\nu_H = 7420$ Hzとなり、

$$(\nu_F / \nu_H)^2 = 1.88 \times 10^{-3} \quad (1.7)$$

すなわち

$$I_F / I_H = 2.45 \times 10^{-5} (A_F / A_H)^2 \quad (1.8)$$

となり、蛍光ランプの音波はHIDランプのそれに比較して無視できる程度の僅かなエネルギー消費である。すなわちHIDランプの場合の音波によるエネルギー吸収は無視できないが蛍光ランプではまったく無視できることになり、音響的不安定性が蛍光ランプで問題にならないのはこのためである。

放電ランプが音響的共鳴状態に入ると音波の振幅は極度に増大し、音波としての

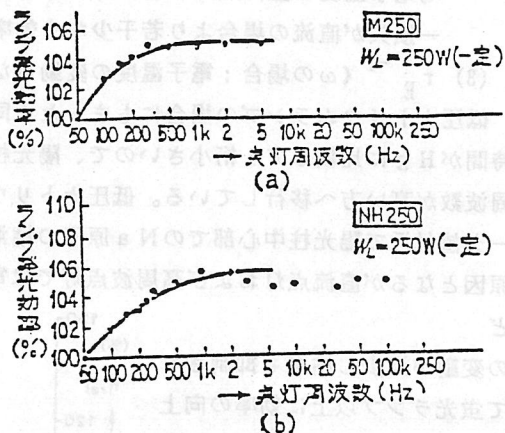


図1.7 高圧放電ランプの点灯周波数による効率の変化

エネルギーロスが増加し、これを補うためにランプ電圧が急上昇し、ついには立ち消えに到ることになる。音響的共鳴は、基本共鳴周波数の他にその整数倍の高調波周波数でも起きる。

音響的共鳴を避けるためには次のような方法がある。

- (1) 共鳴周波数以外の周波数で点灯する。
- (2) 直流、矩形波、第3次高調波重畳波などの1周期内での電子温度の変動の少ない印加電圧波形を用いる^{8), 10), 11)}。
- (3) 数百KHzより高周波で点灯する¹²⁾。
- (4) 音響的不安定の成長には10ms程度を要するので、これ以下の時間で点灯周波数を変動させる^{13), 14)}。

1. 4. 2 移動縞

蛍光ランプにおいて封入ガスを通常のアルゴンからクリプトンに替えると効率が向上するが、光出力がちらついたり縞模様が見われたりする。この傾向は特に周囲温度が低い場合に起きやすい。この原因は荷電粒子あるいは励起原子密度などのゆらぎによって発生する¹⁵⁾。このような不安定現象も音響的共鳴に近い周波数で発生するとの指摘もある¹⁶⁾。

1. 5 放電ランプの始動特性

放電ランプの始動現象を論じる場合には、いわゆる放電開始（放電破壊）とアーク放電開始の区別をする必要がある。前者は図1.2のB点を越えることであり、後者は同図のD点を越えることである。

放電破壊は確率的要素も含んでおり、十分な電圧が印加されても放電のきっかけを作る初期電子が存在しないと放電しない。放電破壊確率に与える印加電圧波形の影響について吟味してみる。1波形の放電開始（破壊）の確率 T_1 は単位時間当りの初期電子数を Q 、1電子の破壊に到る確率を P とし、1波形の時間巾を t_1 とすると

$$T_1 = 1 - \exp \left[- \int_0^{t_1} P Q dt \right] \quad (1.9)$$

$$P = 1 - \frac{1}{\gamma \left[\exp \left(\int_0^d \alpha dx \right) - 1 \right]} \quad (1.10)$$

$$\alpha = A P d \exp \left(- \frac{B P d}{V} \right) \quad (1.11)$$

で与えられる17)。ここでVは放電ランプに印加される電圧瞬時値、Pはガス圧力、dは電極間距離、A、Bは係数であり、 α はいわゆるタウンゼントの電離係数、1.10式の γ はイオンによる二次電子放出係数である。

これらの式に電圧Vとして三角波、正弦波、矩形波を入れ T_1 を算出した結果を図1.8に示す。この図の横軸は印加電圧実効値であり、 $\gamma = 0.1$ 、 $Bpd/V_s = 1$ 、 $Q/f = 1$ (V_s は最小放電開始電圧で図1.2のB点に対応する電圧、 f は周波数)の場合について求めたものである。

当然ながら実効値とピーク値の差の大きい三角波がもっとも低い電圧で始動する。しかしながら電圧が高くなると波形の影響はそれ程ない。

この最小放電開始電圧 V_s は放電ランプの管表面抵抗の影響を強く受ける。これは電極近傍の電界強度が管表面抵抗の影響を大きく受けることによるものであり、図1.9に示すような変化となる¹⁸⁾。

高周波電圧波形に対しては、放電ランプの管表面は単なる抵抗ではなく分布容量と抵抗の分布定数回路とみなすことができる。したがって周波数によって電極近傍の電界強度が変わることになり、周波数と放電開始電圧の関係は図1.10のような特性を示す¹⁹⁾。この図は図1.9と同じ表現であるがパラメータとして点灯周波数をとっており、周波数が高く



図1.8 印加電圧実効値と放電開始確率の関係

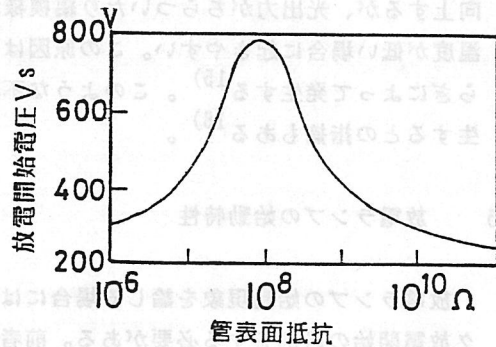


図1.9 蛍光ランプの表面抵抗と始動電圧 (インスタントスタート形F40T12蛍光ランプ)

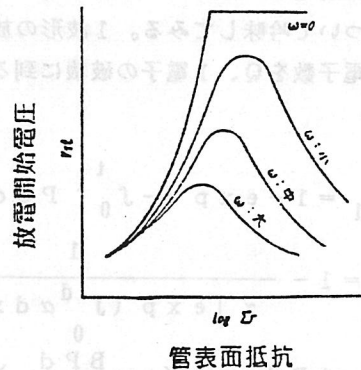
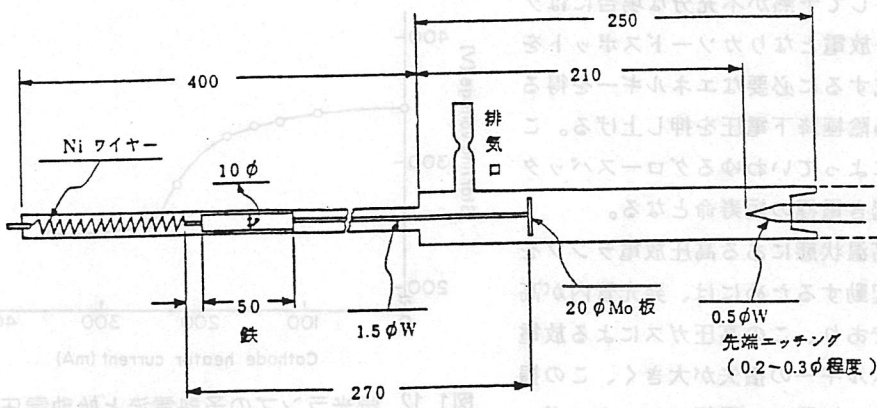


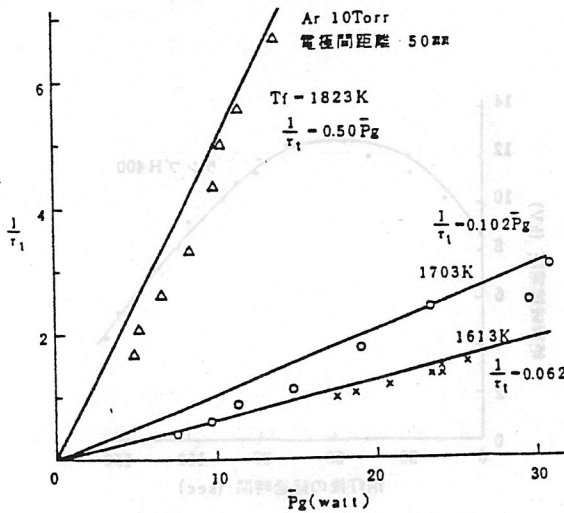
図1.10 点灯周波数の放電開始に与える影響

なるに従って放電開始電圧が低下する。マイクロ波のような高い周波数を印加し、電界加速による電子の往復運動範囲が放電管径以下になるといわれる電子トラップ条件が成立し、放電開始電界強度は急激に低下する。

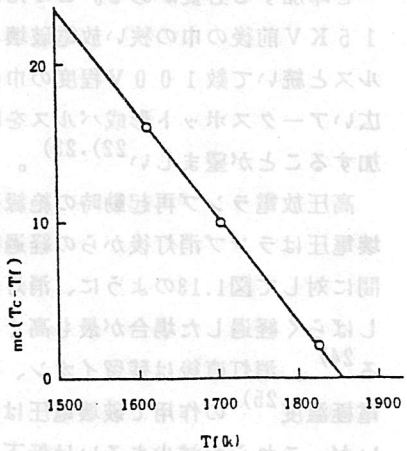
アーク放電開始に関しては、図1.2でグロー放電からアーク放電への障壁D点を越えるためにどれだけのエネルギーが必要になるかということに左右される。グロー放電の熱で電極が加熱され熱電子電流が多くなるに従って図1.2のD点が低下し、アーク状態に移るもので、グロー放電中の実効電力により電極加熱が行われるため、印加電圧波形の差はほとんどなく転移エネルギーの概念が適用できる²⁰⁾。



(a) 試験用放電管



(b) フィラメント予熱温度を変えた場合のグローアーク転移電力と転移時間



(c) フィラメント予熱温度とグローアーク転移エネルギー

図1.11 フィラメント予熱とグローアーク転移エネルギー

図1.11には(a)に示した試作放電管の平均グロー電力 P_g とグローアーク転移時間の逆数の関係を、フィラメント予熱温度 T_f をパラメータにとって(b)に示し、(b)図から読み取ったグローアーク転移エネルギー $m c (T_c - T_f)$ と予熱温度 T_f の関係を(c)に示す。このようにフィラメント予熱により転移エネルギーは減少する。

予熱電極を用いた蛍光ランプの始動電圧は図1.12に示すように、予熱によって低下する。予熱によって電極近傍に初期電子が増加し、(イ)電極近傍の電界を歪ませ放電開始を容易にする、(ロ)累積電離が著しく増加する、などのことにより始動電圧が低下するとされている²¹⁾。

そして予熱が不十分な場合にはグロー放電となりカソードスポットを形成するために必要なエネルギーを得るため陰極降下電圧を押し上げる。これによっていわゆるグロスバツタが起き電極の短寿命となる。

高温状態にある高圧放電ランプを再起動するためには、発光管内が高圧であり、この高圧ガスによる放電エネルギーの損失が大きく、この損失分に打勝って電極にアークスポットを形成するだけの十分なエネルギーを印加する必要がある。このため15KV前後の中の狭い放電破壊パルスと続いて数100V程度の中の広いアークスポット形成パルスを印加することが望ましい^{22), 23)}。

高圧放電ランプ再起動時の絶縁破壊電圧はランプ消灯後からの経過時間に対して図1.13のように、消灯後しばらく経過した場合が最も高くなる²⁴⁾。消灯直後は残留イオン、高電極温度²⁵⁾の作用で破壊電圧は低い、これらが減少あるいは低下してくると破壊電圧が高くなっていくものと考えられる。しかしながら詳細に解析した文献は見当たらない。

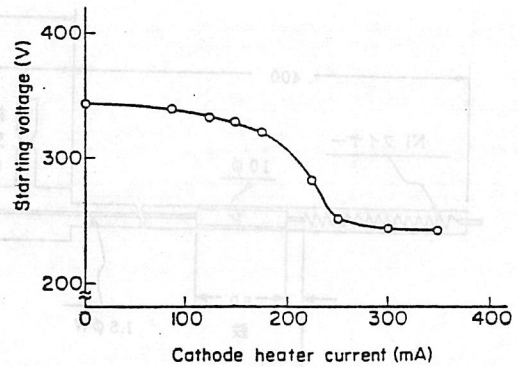


図1.12 蛍光ランプの予熱電流と始動電圧の関係

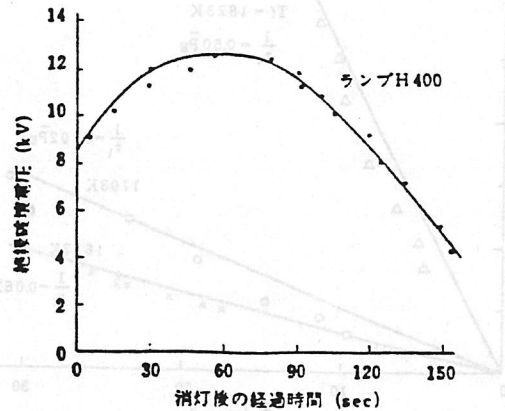


図1.13 水銀ランプの消灯後の経過時間と絶縁破壊電圧

1. 6 放電ランプの出力変動特性

放電ランプの出力は入力或いは周囲の条件により変動する。電源電圧の変動によるランプの特性変動は点灯回路固有の出力インピーダンス特性と、ランプ固有の電流電圧特性の組み合わせにより個々に変わるもので一般的記述は困難である。

メタルハライドランプ、高圧ナトリウムランプなどの高圧放電ランプは電源電圧の変動に対して発光管の温度が変動し、封入物の過剰な蒸発をもたらす著しい光色やランプ電圧の変動をきたす。それゆえ高圧放電ランプでは点灯回路の負荷特性を電源電圧が変動してもランプ電力が常に一定に保たれるように設計することが望ましい²⁶⁾。

しかしながら位相制御などの電流休止期間の存在する点灯方式では、特に高圧放電ランプにおいて再点弧電圧が高く現われランプが立消えに到る場合がある。このため電流休止期間中でも多少の電流を流すか、立消えを防止する十分な電圧を印加するなどの対策が必要である。

周囲温度の変化によってもランプ特性は大きく変化する。高圧放電ランプは発光管が高温状態にあるため周囲温度の影響はそれ程受けることはないが、低圧放電ランプ特に蛍光ランプは周囲温度の影響を強く受ける。蛍光ランプは水銀蒸気圧が 0.8 Pa ($6 \times 10^{-3} \text{ Torr}$) 前後で最大効率となり、これは発光管の管壁温度が 40°C 程度で実現される。最近では蛍光ランプのコンパクト化が図られ、管壁温度が 70°C 程度あるいはそれ以上のものが出現している。このためアマルガムを用いて水銀蒸気圧を適正化している方式のものもある²⁷⁾。図1.14にアマルガム封入電球形蛍光ランプ及び水銀封入電球形蛍光ランプの周囲温度特性を示す。この図からわかるようにアマルガムタイプは周囲温度の影響を受けにくい。

しかしながらアマルガムタイプは周囲温度が低温の場合に水銀蒸気圧が水銀タイプよりも2桁程

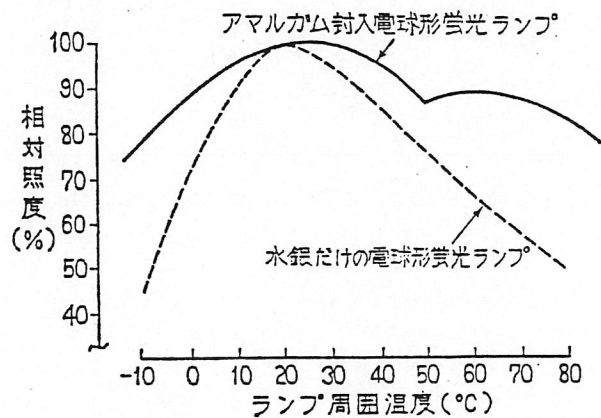


図1.14 電球形蛍光ランプの周囲温度による光出力の変化

度低い場合アルゴンと水銀のいわゆるペニング電離作用効果が最適値（水銀封入タイプで通常19℃前後）から外れている。そのためフィラメントの近傍に補助アマルガムをつけ、予熱時および始動時の放電の熱により補助アマルガムから水銀を放出させ、始動電圧の改善と始動直後の光出力の立上り特性を改善している²⁷⁾。

（以下は重複した文章の抜粋）

（以下は重複した文章の抜粋）

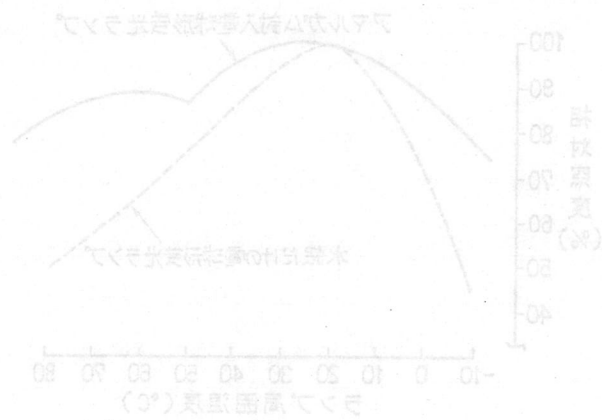


図11 補助アマルガム付タイプのフィラメント温度と光出力の関係

（以下は重複した文章の抜粋）

1. 7 引用文献

- 1) Cobine, J.D. ; Gaseous Conductors, Dover Publication, Inc. New York (1957)
- 2) Koedam M. and Verweij W. ; The Influence of the Supply Frequency on the Luminous Efficiency of Fluorescent Lamps.
Proc. 7th Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases (Belgrade) (1956) 392
- 3) 坏 秀三, 坊 博 ; 蛍光放電管の高周波点灯における諸特性について (I)
照学誌 46-11 (昭37) 492
- 4) 長谷部堅陸, 柿島徳一 ; 低気圧アルゴン-水銀放電陽光柱の発光効率とその周波数特性
電学誌 87-1 (1967) 142
- 5) Drop P.C. and Polman J. ; Calculations on the effect of supply frequency on the positive column of a low-pressure Hg-Ar AC discharge
J. Phys. D: Appl. Phys. 5 (1975) 562
- 6) de Groot J.J. Jack A.G. and Coenen H. ; High frequency Operation of low sodium lamps. J. Illum. Engng. Soc. 14-1 (1984) 188
- 7) Campbell J.H. ; Initial Characteristics of High-Intensity Discharge Lamps on High-Frequency Power. Illum. Engng. 64-12 (1969) 713
- 8) 越村安信, 青池南城, 小林久夫, 野村修 ; HIDランプの高周波点灯における放電安定化方法
照学誌 67-2 (昭58) 50
- 9) 多田政忠編 ; 物理学概説上巻 学術図書出版社 (昭39) 266
- 10) 斉藤正人, 皆川良司, 渡部勁二, 森本俊一, 土橋理博 ; メタルハライドランプの矩形波点灯特性
電気学会 光応用視覚研究会 LAV-80-12 (昭55)
及び Hall R. ; Operation of metal-halide lamps on square wave supply.
Light. Res. Tech. 10-2 (1978) 106
- 11) Davenport, J.M. Hansler, R.L. ; Direct current operation of low wattage metal halide lamps. J. Illum. Engng. Soc. 14-1 (1984) 274
- 12) 姫井豊治, 中西宣一郎, 小松原均, 竹田一郎, 東山登 ; HIDランプの点灯調光時発光効率について
照学全大 (昭60) 35
及び 小松原均, 中西宣一郎, 姫井豊治 ; HIDランプの高周波点灯, 調光試験
照学全大 (昭60) 36
- 13) 長谷部
光源関連装置研究会 LS-76-7 (1976)

- 14) 水野銆章, 石川太郎, 矢橋清二, 日高喜代志 ; メタルハライドランプ高周波点灯のマイコン制御
名古屋工業大学 学報 35 (1983) 157
及び 水野銆章, 矢橋清二, 浅野憲司, 石川太郎 ; マイコン制御によるメタルハライドランプ高周波点灯の安定化
照学全大 (昭60) 37
- 15) 梶原利郎, 安西良矩 ; 低圧クリプトン — 水銀蒸気放電における移動線の研究
照学誌 66-4 (昭57) 144
- 16) Ingard, U. ; Acoustic wave generation and amplification in a plasma.
Phys. Rev. 145-1 (1966) 41
- 17) Inouye A., Terashima T., Ogawa K. ; Statistical analysis of discharge lamp.
J. Light & Vis. Env. 1-1 (1977) 24
- 18) Thayer, R.N., Hinman, D.D. ; Requirements for reliable instant starting
fluorescent lamps Illum. Engng. 40-9 (1945) 641
- 19) 中道松郎 ; 蛍光灯の点灯特性について
日立評論 40-12 (昭33) 1462
- 20) 井上昭浩 ; 放電灯の始動エネルギーと安定器
照学誌 57-9 (昭48) 584
- 21) Waymouth J.F. ; Electric Discharge Lamps
Cambridge MIT Press (1971) 59
- 22) Elms R.T., Engel J.C., Saletta G.E. ; Restriking hot metal vapor lamps
— Lamp characteristics and circuit requirement
J. Illum. Engng. Soc. (1975) 26
- 23) Inouye A., Honda K. ; Instant start miniature metal halide lamp, 4th
International Symposium on Light Sources. (1986)
- 24) 照明学会・照明普及会 ; 照明教室No.53 光源とその応用, 照明普及会 (昭56)
- 25) Suzuki R., Saito M., Watanabe K. ; The Effect of a Heater on Initiation of
Discharges in High Pressure Gases.
J. Illum. Engng. Soc. 14-1 (1984) 240
- 26) 塩見務, 西村広司, 永瀬春男, 水野達久 ; 高演色性小形高圧ナトリウム灯用電子
安定器の開発
照学全大 (昭59) No.49
- 27) 伊藤秀徳, 依藤孝, 尾岸和久, 井上昭浩 ; アマルガム封入電球形蛍光ランプの水
銀の振舞い
照学誌 69-10 (昭60) 543

2.1 電子回路式点灯回路（安定器）の分類

放電灯が、本来の性能を充分に発揮するために必要不可欠な点灯回路（安定器）の基本的な機能は大きく分けて、①ランプを始動する、②放電の維持安定化、③ランプ電流を適正值に制御する、の3点である。安定器の電子化は、現行の磁気回路式安定器を構成する鉄心、銅巻線、コンデンサの一部又は全部を置き換える。このことによって、小形軽量化、回路損失の減少とランプ発光効率の向上によって省力化をはかることにある。電子回路式安定器は回路形式別に以下の5つに分類することができる。¹⁾

2.1.1 半導体スタータ（イグナイタ）、半導体スタータ形安定器

放電灯を始動するためには、ランプの種類によっては電源電圧の数倍の2次電圧又は、数百～数千Vの高いパルス電圧が必要である。このために磁気回路式安定器では、リーケージトランスやリードピーク形トランスを使っている。この機能を電子回路によって、数百～数千Vの高電圧パルスを発生させてランプを始動させる。又、蛍光ランプなど始動のため電極予熱の必要なものは半導体を使って予熱するのが半導体スタータ、又は半導体スタータ形安定器である。ランプ始動後は回路の動作を停止する。小形軽量化及びグロースタータを使った点灯回路にあっては、ランプ始動時間が1秒前後と短くできるのが主な特長である。現在は蛍光ランプ、HIDランプ用点灯回路にこの方式が使用されている。ランプ電流安定化のために鉄心銅巻線からなるチョークコイルを使用するため、それほど小形軽量化は期待できない。

2.1.2 毎サイクル点弧形安定器

半導体スタータ形安定器の機能に加え、さらに小形軽量化するため、電源電圧をランプ電圧とほぼ等しくすることによって、チョークコイルを小形化する方式である。このためにランプ点灯中も半導体回路を作動させることによって、ランプの商用電源半サイクル毎のランプ再点弧電圧付近に同期して、高電圧パルスを印加して放電の維持安定化をはかる。現在は蛍光ランプ、HIDランプ用点灯回路に使用されている。

2. 1. 3 位相制御形安定器

電源変動に対するH I Dランプのランプ電力の定電力特性を得るために、現行の磁気回路式安定器では鉄共振回路を使用している。鉄共振回路の小形軽量化をはかるために、ランプ回路と直列に双方向性サイリスを使い、電源電圧、ランプ電圧を検出して定電力特性を得る方式である。定電力特性の他に、ランプ始動時の入力電流を低減する機能がある。

2. 1. 4 高周波点灯形安定器

現在実用化されているものは、商用電源を整流して直流電源を得、トランジスタインバータによって数十KHZの高周波に変換してランプを点灯する方式が主流である。安定器に必要な3つの基本的機能の全てを電子回路で行っている。

この形の安定器は、既述の方式に比べて更に小形軽量化が可能であること、回路損失が低減できること、蛍光ランプにあっては高周波点灯によってランプの発光効率向上のため省電力化できること、などに主な特長がある。

電子回路が主要な働きをしている点もあって調光機能を比較的付加しやすい特長がある。

現在は主に、蛍光ランプ用点灯回路として使用されているが、H I Dランプ用としては各種の実用化研究が行われている。

2. 1. 5 スイッチングレギュレータ形安定器

ランプ電流の限流安定化機能をトランジスタと直列に接続したフェライトコアを使ったチョークコイルで構成し、ランプ電流が一定値以上になるとトランジスタによって強制的に遮断する方式である。この方式にはランプを直流で点灯するものと後段にフルブリッジにより交流に変換してランプを点灯するものがある。現在は一部のH I Dランプ用に使用されている。

2. 2 電子回路式点灯回路の基本原理

前節では、点灯回路の分類と概略の機能と動作原理について述べた。ここでは、点灯回路を構成する電子回路の基本動作を述べることにする。

2. 2. 1 半導体スタータ，イグナイタ

(1) パルス発生回路原理

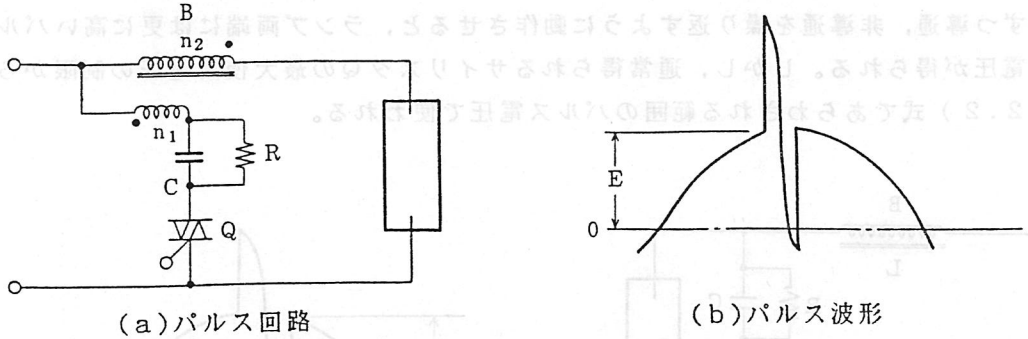


図 2.1 トランス昇圧タイプ

図 2.1 (a) は、安定器 B にパルス発生用一次巻線 n_1 を設けたトランス昇圧タイプのパルス発生回路である。²⁾ サイリスタスイッチ Q を商用電源の半サイクルに少なくとも 1 回導通する。これによって、 n_1 巻線と C の直列過渡振動による電圧が n_1 に印加され、ランプ両端には図 2.1 (b) のようなパルス波形を得ることができる。抵抗 R は、コンデンサ C の蓄積電荷放電抵抗である。電源電圧の瞬時値が E のときに、サイリスタが導通した場合 (2.1) 式で得られるパルス電圧 V_p が発生する。

$$V_p = \frac{E(n_1 + n_2)}{n_1} \cos \sqrt{\frac{1}{L_1 C}} t \text{ ----- (2.1)}$$

(但し、 L_1 は巻線 n_1 のインダクタンス)

n_1 , n_2 の定数選定によって、任意のパルス高さが得られる特長がある。このパルス発生回路は主にメタルハライドランプ、高圧ナトリウムランプの始動回路に使われている。

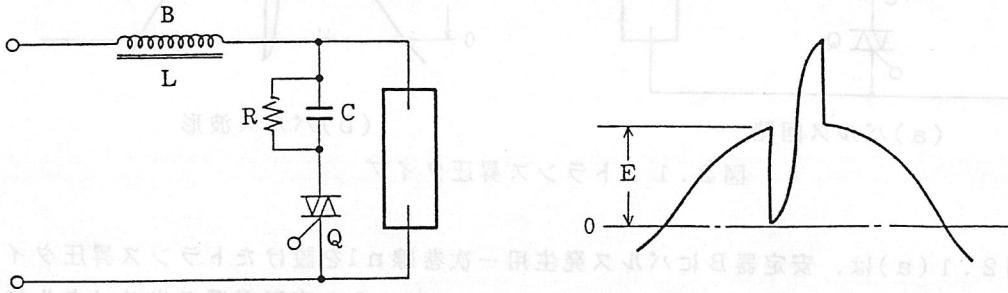
図 2.2 (a) は、商用電源半サイクル中にサイリスタ Q が導通することによって安定器 B のインダクタンス L とコンデンサ C の直列過渡振動現象の C における昇圧作用を使ったものである。³⁾ ランプ両端には、図 2.2 (b) のようなパルス波形が得られる。電源電圧の瞬時値が E のとき、サイリスタ Q が導通した場合 (2.2) 式で表されるパルス電圧 V_p が発生する。

$$V_p = E(1 - \cos \sqrt{\frac{1}{LC}} t) \text{ ----- (2.2)}$$

上式でわかるように電源電圧の約 2 倍の波高値のパルスが得られる。

この原理を使ったパルス回路は、蛍光ランプ及びメタルハライドランプの始動回路に使用されている。

図2.2(a)で放電抵抗Rを削除し、サイリスタQを商用電源の半サイクルに一回ずつ導通、非導通を繰り返すように動作させると、ランプ両端には更に高いパルス電圧が得られる。しかし、通常得られるサイリスタQの最大使用電圧の制限から(2.2)式であらわされる範囲のパルス電圧で使われる。

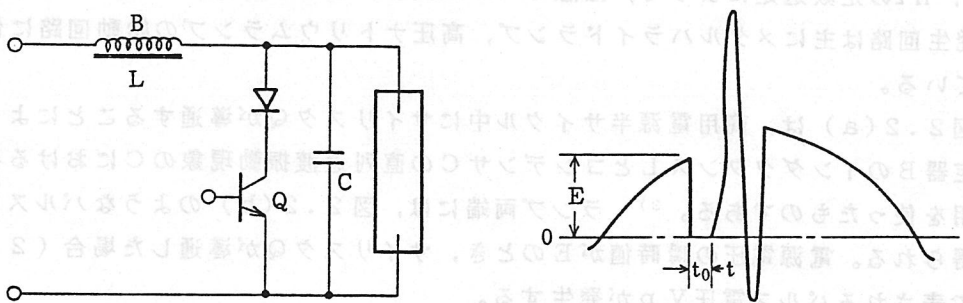


(a)パルス回路

(b)パルス波形

図2.2 LC過渡振動タイプ

図2.3(a)は、トランジスタQを商用電源の半サイクルの任意の位相で導通させ、安定器Bに電流を流す。 t_0 秒後にQを急激に非導通状態にすることによってBのインダクタンスLに蓄積したエネルギーをコンデンサCに充電することによって、図2.3(b)のようなパルス電圧を得る。ランプ両端には、(2.3)式であらわされるパルス電圧 V_p が発生する。⁴⁾



(a)パルス回路

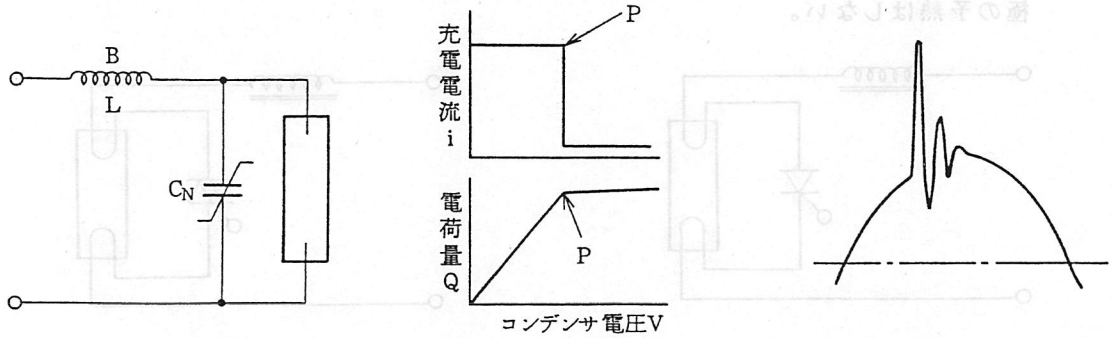
(b)パルス波形

図2.3 トランジスタタイプ

$$V_p = E \left(1 - \cos \sqrt{\frac{1}{LC}} t + \frac{t_0}{\sqrt{LC}} \sin \sqrt{\frac{1}{LC}} t \right) \text{-----} (2.3)$$

(但し時間 t は、 t_0 点を 0 としたときからの時間)

このパルス発生方式は、原理的には無限大の高さのパルス電圧が得られるが、実際にはトランジスタ Q の最大使用電圧の限界から 1500 V が限度である。この方式は、蛍光ランプ用半導体スタータに使用されている。



(a) パルス回路

(b) コンデンサ C_N の

(c) パルス波形

電圧と電荷量, 充電電流

図 2.4 非線形コンデンサタイプ

図 2.4 (a) は、非線形コンデンサ C_N を使ったパルス発生回路である。²⁾ パルス発生原理は、図 2.3 のトランジスタタイプと同じであって、トランジスタ Q とコンデンサ C の動作が非線形コンデンサ C_N のみで機能する点に特長がある。非線形コンデンサ C_N は、図 2.4 (b) のようにコンデンサの電圧が上昇していくとある電圧 (P 点) 以上で急激に静容量が低下する性質がある。その結果、 C_N への充電電流が急激に減少して、安定器 B のインダクタンスから図 2.4 (c) のようなパルス電圧が発生する。

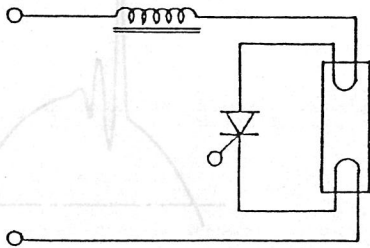
このパルス発生回路は主として蛍光ランプ用の半導体スタータに使用されている。

(2) パルス発生位相の最適化

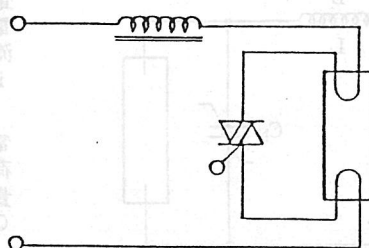
前述の商用電源波形にパルスを重畳して放電灯を始動するものにあつては、ランプを確実に始動するためパルス発生位相は、電源半サイクルの位相角で $40^\circ \sim 90^\circ$ の範囲に設定することが望ましい。その理由は、ランプ始動時の電源電圧瞬時値が高く、かつ上昇過程にある方が半サイクル中におけるアーク放電を確立しやすいためである。

(3) 予熱回路原理

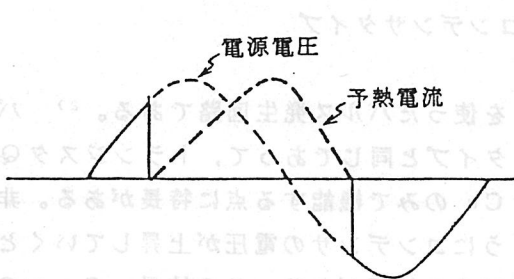
一般照明用蛍光ランプの始動の要件として、陰極の予熱が必要である。その方法としては、図2.5、図2.6に示したようにSCR、又は双方向性サイリスタを使って行う。SCR方式による予熱ではサイリスタの点弧位相を進めることによって図2.6の交流全波予熱よりも予熱電流を多くとることができる。いずれの場合もランプ始動後はサイリスタのゲート信号を0にしてサイリスタを遮断状態にし、陰極の予熱はしない。



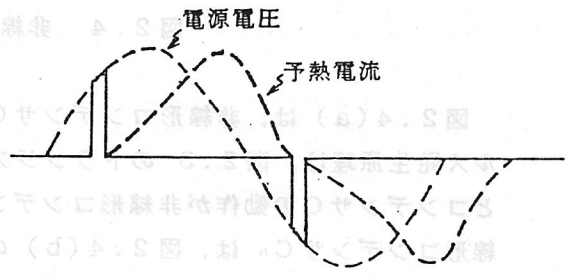
(a) 予熱回路



(a) 予熱回路



(b) 予熱電流波形



(b) 予熱電流波形

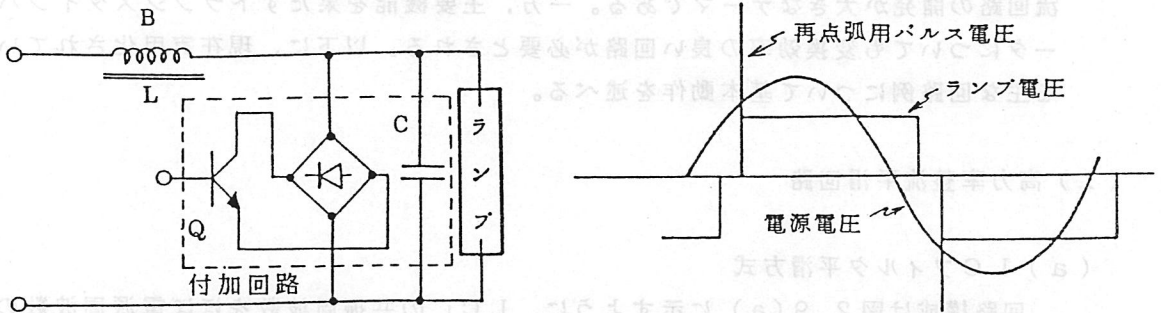
図2.5 SCRによる予熱

図2.6 双方向性サイリスタによる予熱

2.2.2 毎サイクル点弧形安定器

通常、放電灯を安定に点灯維持するためには電源電圧、又は2次電圧をランプ電圧の約2倍に設定する。毎サイクル点弧形安定器では電源電圧と、ランプ電圧をほぼ等しくすることによってランプ電流限流チョークを小形化する。その条件ではランプが安定点灯しないので、図2.7(a)のようにランプ点灯中も動作するパルス発生回路を付加して、高圧パルスで商用電源半サイクル毎のランプ再点弧を確実に行うことによって安定点灯する。³⁾ 半導体スイッチQの半サイクル毎の導通、遮

断は図 2.7 (b) のようにランプ電圧再点弧位相にほぼ同期して行い、限流チョークコイルBのインダクタンスLから高電圧パルス(約1000~1500V)を発生する。パルス発生原理は図 2.3 と同じである。毎サイクル点弧形安定器は、蛍光ランプ、H I Dランプ用として使用されている。



(a)基本回路

(b)点灯時各部波形

図 2.7 毎サイクル点弧形安定器

2. 2. 3 位相制御形安定器

この方式はH I Dランプ用であって、図 2.8 に基本回路構成を示した。⁴⁾ ランプ始動時、ランプ電圧が低い間はサイリスタQの点弧位相を遅らせ、始動時の電源入力電流を低減する。安定点灯状態に近ずき、ランプ電圧が上昇するにつれて点弧位相を進める。定格点灯時には電源電圧変動に対して、サイリスタQの導通角をランプ電力がほぼ一定になるように制御する。主チョークコイルL₁はインダクタンスを小さくすることができるが、ランプ電流の休止期間が大きくなるとランプの発光効率が低下するため、一般遅相形安定器の60%が限界である。サイリスタQと並列に、補助チョークコイルL₂を接続してランプに始動電圧を与えると同時に、特に始動過程で長期間の電流休止期間が生じて、再点弧電圧が上がって立消えることを防止している。鉄共振を使った磁気回路式定電力安定器の約50%に重量低減が可能である。

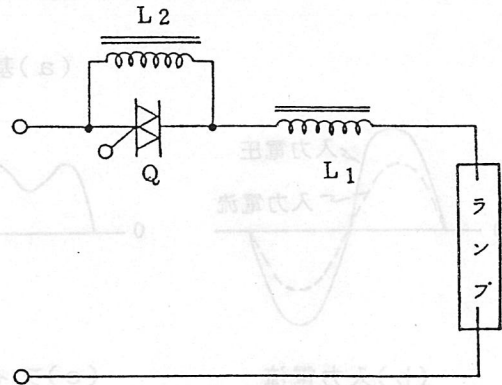


図 2.8 位相制御形安定器
基本回路

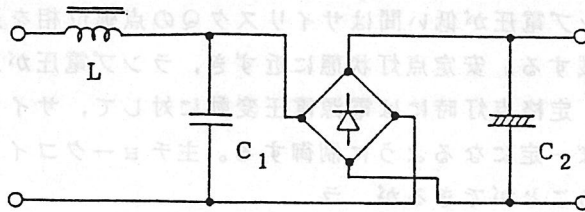
2. 2. 4 高周波点灯形安定器

この安定器は大きく分けて交流電源を整流する部分と、直流を数十KHZの高周波に変換する部分とから成る。整流回路は、一般住宅用は電源入力力率が低力率でも良いが、事務所、工場照明用などについては高力率が必須条件であり、高力率整流回路の開発が大きなテーマである。一方、主要機能を果たすトランジスタインバータについても変換効率の良い回路が必要とされる。以下に、現在実用化されている主な回路例について基本動作を述べる。

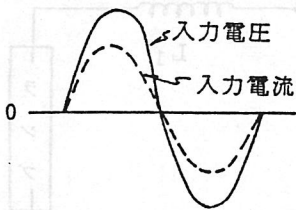
(1) 高力率整流平滑回路

(a) LCフィルタ平滑方式

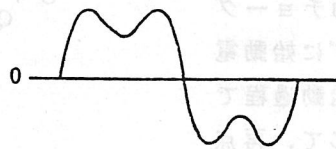
回路構成は図2.9(a)に示すように、 LC_1 の共振周波数をほぼ電源周波数の3倍に選定することにより、フィルタの出力には同図(c)のような略矩形波が得られる。そのために平滑コンデンサ C_2 へはパルス状の電流が流れることがなく電源入力電流は同図(b)破線のように電源電圧波形と相似な入力電流が得られる。 L と C_1 の容積、重量が大きい欠点があるが、入力電流に含まれる高調波を小さくできる特長がある。



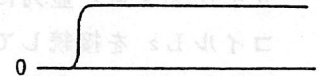
(a)基本回路



(b)入力電流



(c)フィルタ出力



(d)出力矩形

図2.9 LCフィルタ平滑方式整流平滑回路

(b) 部分平滑方式

基本回路構成は、図2.10(a)のように、平滑用コンデンサ C_1 への充電を別電源として表示されたBより行う方式である。⁵⁾ 実際は、電源Bとして次段の高周波インバータから帰還したり、商用電源からチョークコイルなどのインピーダンスを介して充電する方法がとられている。入力電流は、同図(b)のように電源電圧を介して充電する方法がとられている。入力電流は、同図(b)のように電源電圧波形のゼロクロス付近で、休止区間のある正弦波となる。LCフィルタよりも高調波成分が多いものの回路が小形軽量で低コスト化でき、フィルタ方式よりも電力損失が小さい特長がある。 C_1 への充電電圧は、同図(c)の出力波形で示す $b/a \times 100$ の値は通常50~60%に設定され、そのときの電源入力率は90~95%を達成可能である。

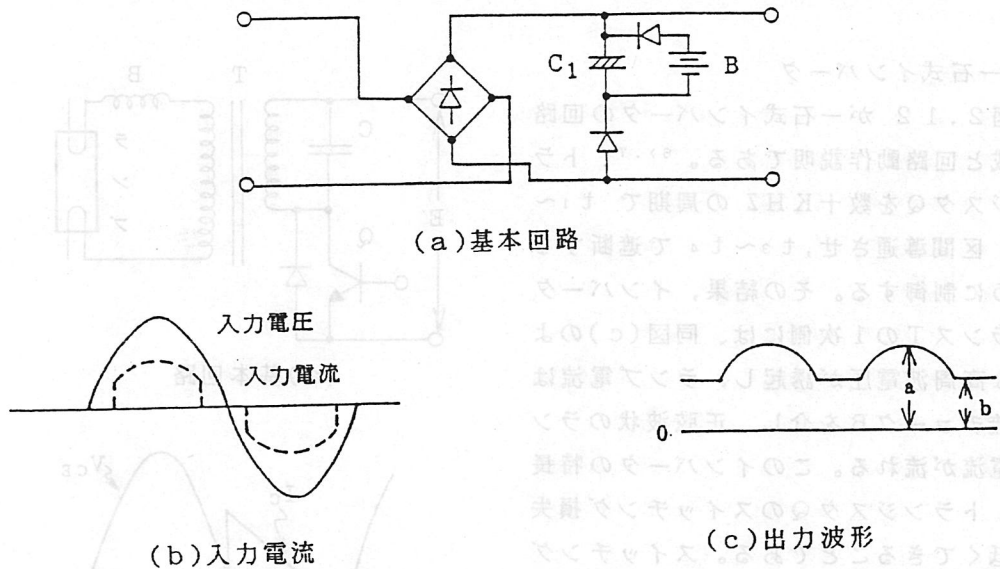


図2.10 部分平滑方式

(c) スイッチング平滑方式

スイッチング方式には種々の方法が考えられるが、図2.11に代表して示すように、出力電圧が常に入力電源瞬時値よりも高くなるようにコンデンサCの容量を設定し、トランジスタQを数十KHZのスイッチングをくり返すことによって、LCフ

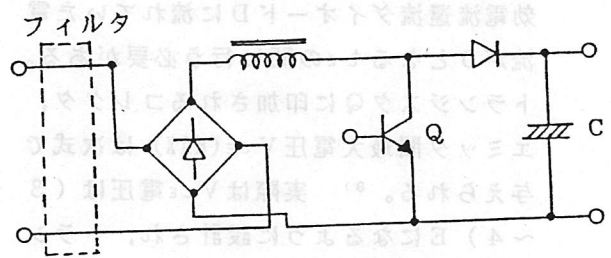


図2.11 スイッチング平滑方式

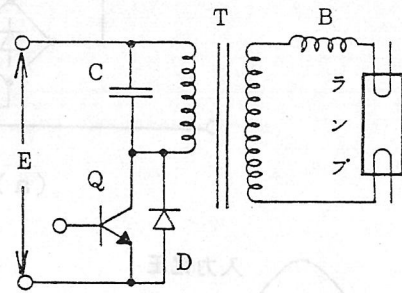
イルタと同等の性能の整流回路が得られる。⁵⁾ この回路は、QのスイッチングのONデューティを出力電圧が一定になるように制御することによって、電源変動に対して出力電圧を一定にできる特長がある。

(2) 高周波変換用トランジスタインバータ回路

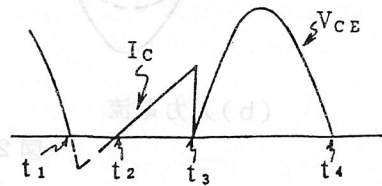
放電灯を負荷とするインバータに要求される主な性能は、変換効率が良いこと、ランプの発光効率が良い負荷電流波形であること、ラジオノイズが小さいことに要約される。この点からインダクタンスLと、コンデンサCの過渡振動を使ったものが実用化されている。又、トランジスタ動作モードはスイッチングモード(D級動作)で使われる。以下に、主要なインバータ方式について基本的な動作を述べる。

(a) 一石式インバータ

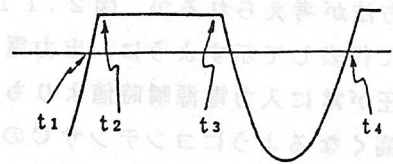
図2.12が一石式インバータの回路構成と回路動作説明である。^{6), 7)} トランジスタQを数十KHZの周期で $t_1 \sim t_3$ 区間導通させ、 $t_3 \sim t_4$ で遮断するように制御する。その結果、インバータトランスTの1次側には、同図(c)のような高周波電圧が誘起し、ランプ電流は限流チョークBを介し、正弦波状のランプ電流が流れる。このインバータの特長は、トランジスタQのスイッチング損失を低くできることである。スイッチング損失を低減するためには、トランジスタQの導通のタイミングをコレクタ、エミッタ間電圧 V_{CE} が0となる t_1 から、無効電流還流ダイオードDに流れていた電流が0となる t_2 の間に行う必要がある。トランジスタQに印加されるコレクタ、エミッタ間最大電圧 $V_{CE(MAX)}$ は次式で与えられる。⁸⁾ 実際は V_{CE} 電圧は(3~4)Eになるように設計され、トランジスタはこの値よりも充分に高い(通常は実際に印加される電圧の1.5倍)定



(a) 基本回路



(b) Qの V_{CE} , I_c 波形



(c) Tの一次電圧

図2.12 一石式インバータ

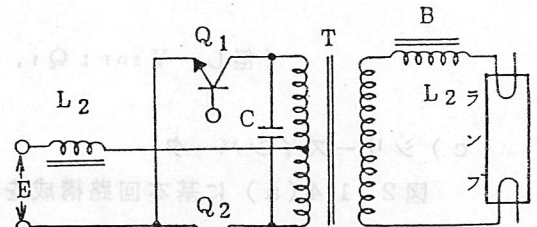
格の物を選定する必要がある。一石式インバータは、負荷容量80W以下のものに多く使用されている。

$$V_{CE(MAX)} = E + \sqrt{E^2 + L \cdot \frac{I^2}{C}} \text{ ----- (2.4)}$$

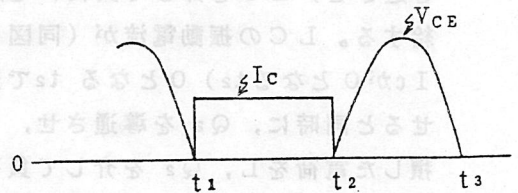
但し E : 入力電圧
 L : インバータトランス T の一次側換算インダクタンス
 I : インバータトランス T の励磁電流

(b) 定電流プッシュプルインバータ

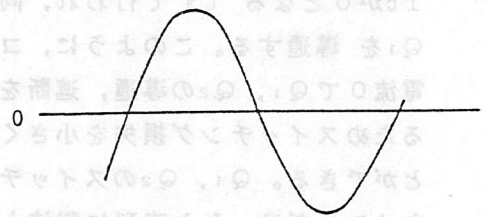
図2.13(a)に基本回路構成を示した。この方式は、コレクタ電流 I_c が同図(b)のように矩形波状となることから、電流スイッチング方式とも呼ばれる。 Q_1, Q_2 を交互に数十KHZの周波数で導通遮断をくり返すことにより、インバータトランスの1次~2次側に、高調波成分の非常に少ない高周波電圧が発生する。ランプ電流波形は、同図(c)のように高調波成分の少ない正弦波が得られる。トランジスタのスイッチング損失を低減するため $Q_1 \sim Q_2$ は、コレクタ電圧が0となる図2.13(b)の t_1 のタイミングで導通させる。 t_1 と t_2 の時間は次式に示す周波数 f で決定する周期で導通、遮断をくり返す。実際にはTに帰還巻線を設けて、 Q_1, Q_2 のスイッチングのタイミングを設定する場合が多い。



(a)基本回路



(b) $Q_1 \sim Q_2$ V_{CE}, I_c 波形



(c)ランプ電流波形

図2.13 定電流

プッシュプルインバータ

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ ----- (2.5)}$$

(但し L : インバータトランス T の一次側換算インダクタンス)

トランジスタ Q₁ ~ Q₂ に印加される V_{CE(MAX)}, 及び T の 1 次側に誘起する電圧の実効値 V_{orms} はそれぞれ (2.6), (2.7) 式で与えられる。

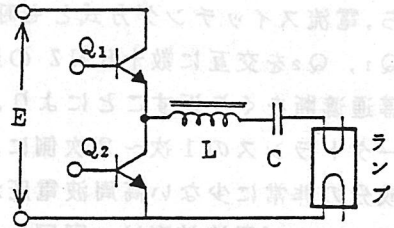
$$V_{CE(MAX)} = \pi E \text{ ----- (2.6)}$$

$$V_{orms} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} (E - V_{SAT}) \text{ ----- (2.7)}$$

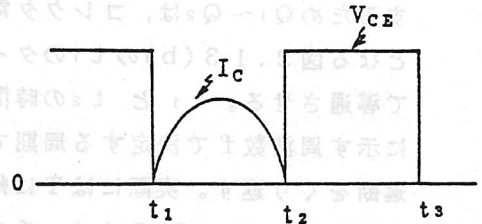
(但し, V_{SAT} : Q₁, Q₂ の飽和電圧)

(c) シリーズインバータ

図 2.14(a) に基本回路構成を示した。この方式は、コレクタ電圧 V_{CE} が矩形波状となっていることから、電圧スイッチングとも呼ばれる。¹⁰⁾ 最初 Q₁ を導通させ、LC を介して負荷に電圧を供給する。LC の振動電流が (同図(b)の I_c が 0 となる t₂) 0 となる t₂ で遮断させると同時に、Q₂ を導通させ、C に蓄積した電荷を L, Q₂ を介して負荷に放電することにより、ランプ負荷に高周波電圧を得るものである。Q₂ の遮断も I_c が 0 となる t₃ で行われ、同時に Q₁ を導通する。このように、コレクタ電流 0 で Q₁, Q₂ の導通、遮断を行わせるためスイッチング損失を小さくすることができる。Q₁, Q₂ のスイッチングのタイミングは、L と直列に電流トランス



(a) 基本回路



(b) Q₁ ~ Q₂ の V_{CE}, I_c 波形

図 2.14 シリーズインバータ

を設けて帰還する方法が行われる。Q₁, Q₂ に印加される電圧は、電源電圧 E とほぼ等しいことから、耐圧の低いトランジスタを使うことができる。この点から、電源電圧が 200 V を越える安定器に適した方式と言える。負荷に供給される実効電圧 V_{orms} は次式で与えられる。

$$V_{0\text{rms}} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} (E - 2V_{\text{SAT}}) \text{ --- (2.8)}$$

一方この回路の変形として、図2.15に示す回路が一般に用いられている。⁵⁾ コンデンサC₁、C₂は負荷への高周波供給電源に対して、1/2×Eの定電圧源となるようにCよりも充分大きく選ぶ。これによって、電源Eからの入力電流のリップルを図2.14の方式の約半分にすることができる。一方、負荷のランプを、Cと並列に接続することにより、LCの直列共振のためCの両端に高い2次電圧を得ることができ、放電灯の始動を容易にできると同時に、ランプの陰極予熱もできる特長がある。

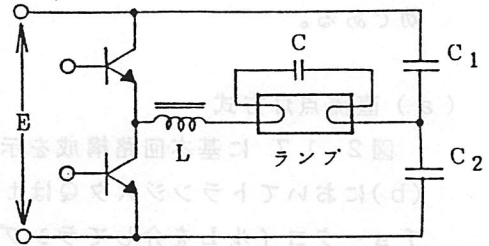
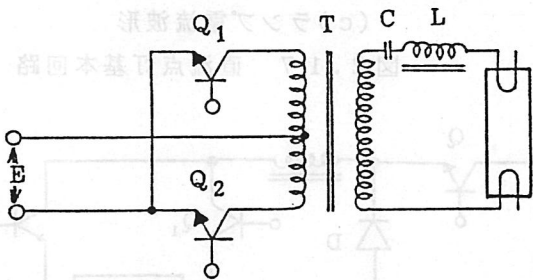


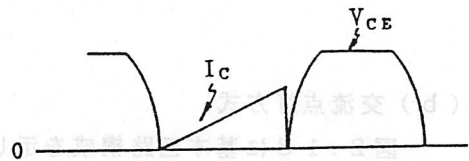
図2.15 シリーズインバータの変形

(d) 矩形波インバータ

可飽和トランスのスイッチング作用を使った出力電圧が、矩形波となる矩形波インバータは、トランジスタスイッチング時の損失が大きく、安定器用として使用されなくなっている。スイッチング損失を減らすため、図2.16(a)の矩形波インバータが使用されている例がある。ランプ電流限流要素を兼ねたC、Lを適切に選定することにより、同図(b)のようにスイッチング時のI_c、V_{CE}の電流、電圧共存区間を低減するように選ぶことがポイントである。



(a) 基本回路



(b) Q₁~Q₂のV_{CE}、I_c波形

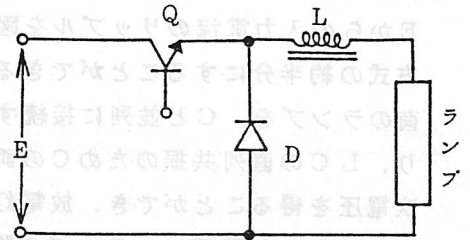
図2.16 改良矩形波インバータ

2. 2. 5 スイッチングレギュレータ形安定器

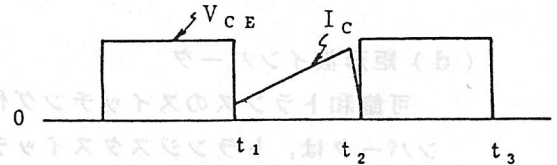
この方式は、主にH I Dランプを点灯するために用いられる。ランプを直流で点灯する方式と交流で点灯する方式の2種類ある。この方式は、H I Dランプ特有の高周波における音響的共鳴現象による放電アークのゆらぎを防止する方法として有効である。

(a) 直流点灯方式

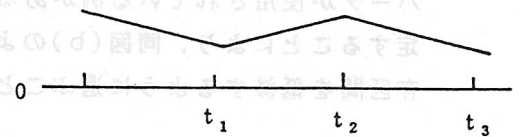
図2.17に基本回路構成を示した。同図(b)においてトランジスタQは t_1 で導通しチョークコイルLを介してランプ電流が流れ(前サイクルのQ導通サイクルでLに蓄積したエネルギーが還流ダイオードDを介してランプに供給され続けているので、ある電流値から始まる)徐々に増大する。ランプ電流が所要の一定値に達するとQは遮断し、Lの蓄積エネルギーは還流ダイオードを介してランプに流れ、ランプ電流波形は同図(c)のようになりランプ電流は一定値に限流され安定点灯する。Qのスイッチング周期は、通常数十K H Z に選定する。この方式は、ランプ電流の高周波リップル成分を低くすることができるため、H I Dランプの音響的共鳴による放電アーク不安定性を防止できる特長がある。



(a)基本回路



(b)Qの V_{CE} , I_c 波形



(c)ランプ電流波形

図2.17 直流点灯基本回路

(b) 交流点灯方式

図2.18に基本回路構成を示した。直流点灯方式の負荷側にトランジスタのフルブリッジ回路を設け、 Q_1, Q_4 と Q_2, Q_3 をそれぞれ交互に導通遮断を繰り返し、ランプを矩形波交流点灯する。¹¹⁾

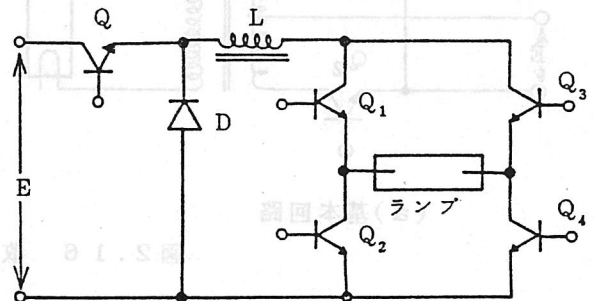


図2.18 交流点灯基本回路

2. 2. 6 安定器の付加機能

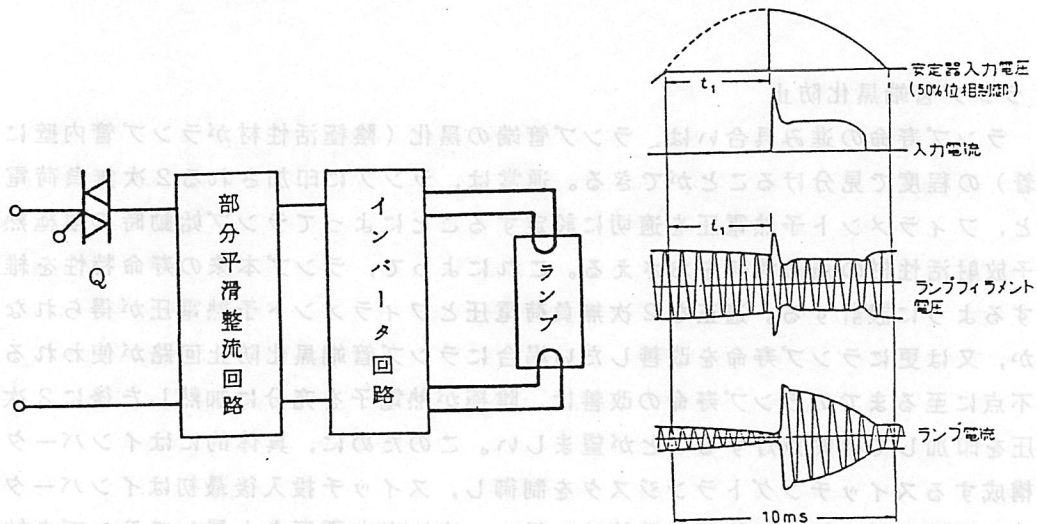
高周波点灯形安定器にあつては、次のような特別な機能を付加することができる。

(1) 調光

実用化されている調光の方法としては、位相制御方式と周波数変化方式がある。

(a) 位相制御方式

図2.19に基本回路構成を示した。図2.10で述べた高力率部分平滑整流回路 ($b/a \times 100 = 50 \sim 60\%$ に選定) に、高周波インバータを付加した構成である。⁹⁾ 動作原理は、同図(b)に示したように商用交流電源をサイリスタQにより、例えば位相角で50%位相制御することによって、区間 t_1 のランプ電流が低下しランプは調光される。平滑度 $b/a \times 100$ を50~60%に選ぶことによって、100~20%の調光範囲を安定に得ることができる。又、電源電圧の存在しない区間 t_1 においても部分平滑用コンデンサの電荷によってインバータは発振を継続し、所要のフィラメント電圧が得られる。この結果、2線式電源配線(従来はランプフィラメント常時予熱用に別配線が必要で3線式)のままで調光できる特長がある。



(a) 基本回路

(b) 動作原理波形

図2.19 位相制御による調光方式

(b) 周波数変化方式

図2.20に基本構成を示した。調光の原理は、インバータの周波数を変化させランプ電流限流要素としてチョークコイル、又はコンデンサーを使いランプ電流を変えて調光する。調光は通常、信号線を使い、電源2線と合わせ3～4線式の配線となる。

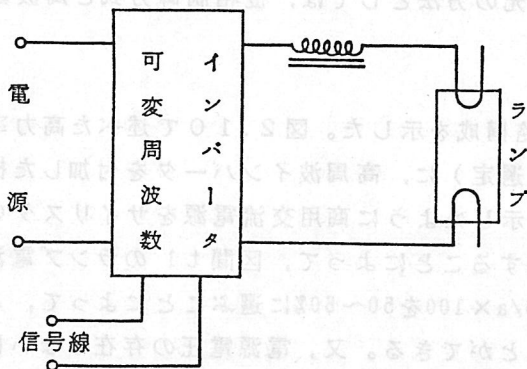


図2.20 周波数変化による調光方式

(2) ランプ管端黒化防止

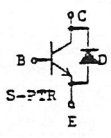
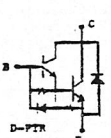
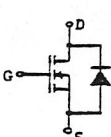
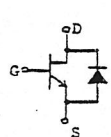
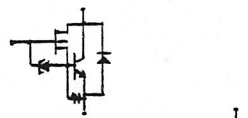
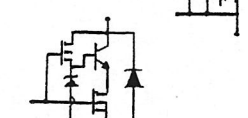
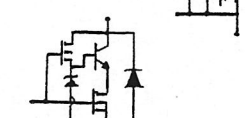
ランプ寿命の進み具合は、ランプ管端の黒化（陰極活性材がランプ管内壁に付着）の程度で見分けることができる。通常は、ランプに印加される2次無負荷電圧と、フィラメント予熱電圧を適切に設定することによってランプ始動時の陰極熱電子放射活性材の飛散消耗をおさえる。これによって、ランプ本来の寿命特性を維持するように設計する。適正な2次無負荷電圧とフィラメント予熱電圧が得られないか、又は更にランプ寿命を改善したい場合にランプ管端黒化防止回路が使われる。不点に至るまでのランプ寿命の改善は、陰極が熱電子を十分に加熱した後に2次電圧を印加して始動点灯することが望ましい。このために、具体的にはインバータを構成するスイッチングトランジスタを制御し、スイッチ投入後最初はインバータの出力電圧を低く抑えて陰極の予熱のみを行い、次に出力電圧を上昇してランプを始動点灯させる方法などが行われている。

2. 3 パワーエレクトロニクス用電子部品の動向

2. 3. 1 スイッチング素子

電子回路式安定器に使われる半導体，特に主回路の電流をON-OFFスイッチングさせる素子についてその特徴を表2・1に示す。¹²⁾

表2・1 パワートランジスタの構成と主な特徴

種類	デバイスの構成	特徴
バイポーラ形 トランジスタ (シングルタイプ)		導通時の飽和電圧が低い 電力増幅率小さくドライブパワー大きい ドライブ回路は複雑，特別の工夫を必要
(ダ-リントン タイプ)		電流増幅率は大きく，ドライブパワーは比較的少なくなる スイッチング・スピードやや遅い
ユニポーラ形 トランジスタ (N ⁺ W-MOSFET)		電圧ドライブ可能，ドライブ電力小さい スイッチング・スピード極めて速い ドライブ回路は簡単，TTL駆動可能 高耐圧品はオン電圧を下げるとチップ面積大きくなる 内蔵ダイオードの利用
(N ⁺ W-SIT)		MOSFETの特長とほぼ同等 高耐圧・大電流に適す
Bi-MOS 複合パワーデ バイス (カスケード)		電圧ドライブ可能，ドライブ回路も比較的簡単 耐圧はMOSFET部で決まる
(カソード)		耐圧はバイポーラTR部で決まる 構成は複雑
(複合タイプ)		

従来、バイポーラトランジスタ、トライアック、SCR、SSS等が使われてきているが、近年新しい素子の開発が進み電子点灯回路にも応用され始めている。回路の方式によって適した素子が選ばれるが、スイッチング時の電力損失の低減による回路効率向上やプラスチックモールド形パッケージの採用による小型化等素子の進歩の効果は大きい。主な特性を比較したものを表2.2に示す。

表2.2 パワートランジスタの特性比較

トランジスタのタイプ	接合構造	特 徴			
		高耐圧化	増幅率	飽和電圧	スイッチング時間
バイポーラ形	シングル	○	△	◎	○
	ダーリントン	○	○	○	△
ユニポーラ形	パワ-MOSFET	△→○	◎	△~○	◎
	S I T	◎	◎	△→○	◎
ユニポーラ、バイポーラ複合形	カスケードカスコード複合タイプ	○~◎	○~◎	△~○	○

◎ 優れる ○ 比較的優れる △ 劣っている

従来、点灯回路としては主回路の電圧や電流の一部を主スイッチング素子の駆動源として利用して回路を動作させる自動方式が採用されていたが、回路を小型化、高機能化、更には安価に構成するため制御回路や駆動回路にIC等を使用した他励方式が採用され始めている。このような方式の変化はICの進歩とともにパワースwitching素子の進歩に依るところが大きく、上記パワートランジスタの性能アップが期待されている。

素子に要求される性能としては

- (1) スwitchingの高速化、低ON電圧化
- (2) 電圧駆動化
- (3) 高耐圧化、大電流化
- (4) パワー素子の一体化、IC化

等があげられる。

パワートランジスタは今後スイッチングレギュレータ電源やモータコントローラ等、同様なスイッチング回路でのニーズもあり加速的に進歩して行く事が予測される。

2.3.2 トランス

電子回路式安定器には多くの電子部品が使われているが、このうち特にトランス、コイル等の磁性部品は電子回路式安定器全体の体積、重量、電力損失あるいはコスト等に対しておおきなウエイトを占めている。このため電子回路式安定器に要求される小形、軽量、低損失、低コスト等の事項が同様要求される。

磁性部品に用いられるコアの種類は珪素鋼板、パーマロイ、フェライト、アモルファス合金等があるが、スイッチング電源や電子回路式安定器の普及につれて最近では特にフェライト、アモルファス合金の研究が盛んで、コア特性の改善や、コイル形状コイル構造の検討が行われている。

以下主にパワートランス、チョークコイル等に用いられるフェライト、アモルファス合金についての最近の動向について紹介する。

(1) フェライト

高周波点灯形の電子回路式安定器のコア材としては主にフェライトが用いられる。フェライトは酸化第二鉄と他の金属酸化物例えば酸化マンガン、酸化ニッケル、酸化銅等を混合し、圧縮成型後、高温で焼結させたものである。

他の金属磁性材料と比較した場合、フェライトは焼結体であるために、寸法精度が悪く、機械的にももろいという欠点がある。又磁気特性についても劣る点が多く、例えば飽和磁束密度は珪素鋼板の2 T、パーマロイの0.7~1.5 Tに対してフェライトでは最高でも0.6 Tと低く最大の欠点にもなっている。又温度特性変化も大きく、高温での特性劣化がはげしい。

しかしながらフェライトの抵抗率は約 $5 \Omega \cdot m$ で珪素鋼板やパーマロイ等の金属磁性材料に比べて 10^7 程度高い値を示し、大きな特徴となっている。

コアの損失はヒステリシス損、うず電流損、残留損の各損失の和として表現されている。実験の結果によるとヒステリシス損は周波数に比例し、うず電流損は周波数の二乗に比例する。このため周波数の上昇につれてうず電流損が急激に増加するので、高周波で使用するにはうず電流損の小さいコアが望ましい。

うず電流損はコアの抵抗に反比例する事が知られており、うず電流を小さくするには抵抗の大きなコアを使用しなければならない。

フェライトコアが高周波用として用いられる最大の理由は体積抵抗率が金属磁性材料の 10^7 もあることによる。

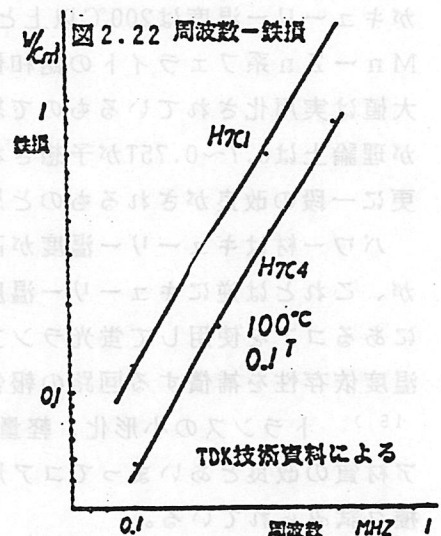
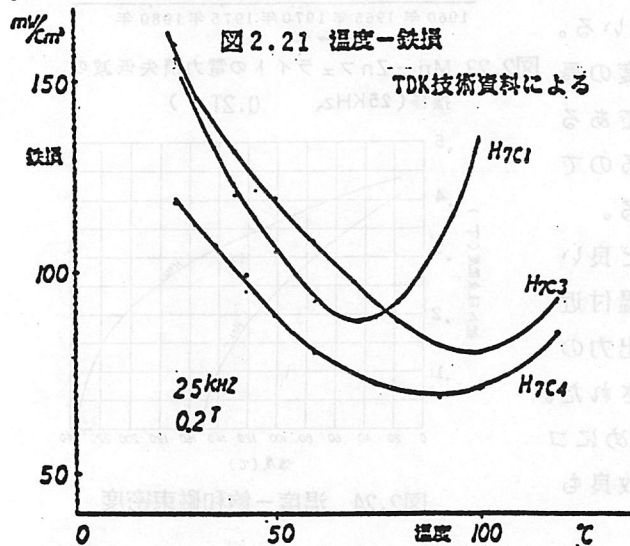
金属磁性材料に比べフェライトは高周波での損失が非常に小さいという特長があるが、しかし実用上十分に小さいという程ではなく一段の低損失化が検討されている。

電子回路式安定器等で用いられるトランス、コイル類は高温、高磁束密度、高周波で使われる事が多く、これらの条件下での低損失化が望まれる。

図2.21 は数種類のコア材料について温度を変えた時にコア損失がどのように変化す

るかを示したものである。図からわかるようにコア損失はある温度で極小になり、この温度より高くても低くてもコア損失は増加する。この損失が極小になる温度をセカンダリーピーク温度と呼んでいる。この温度を越えて使用すると損失が急激に増加し熱暴走を起こす危険性があるので、トランスを設計する場合には注意する必要がある。

近年トランスの小形化、高周波化に伴い実使用でのコア温度が上昇する傾向にあり、このため高温時での損失低減や、セカンダリーピーク温度の高温へのシフト化の要求が高まってきた。図2.21 においてH_{7c1}は70℃前後でコア損失が極小になるがH_{7c3}では90～100℃で極小になる。このため100℃前後で使用しても熱暴走を起こさず安全であると同時に損失もH_{7c1}にくらべて40%低減している。



又セカンダリーピーク温度の高温化と同時に広い温度範囲で一段の低損失化をはかったH_{7c4}と呼ばれるコア材質が開発された。

H_{7c4}はH_{7c3}と同様にセカンダリーピーク温度は90～100℃であるがこの温度での損失はH_{7c3}より更に10%程度低減している。

又H_{7c3}では70～80℃以下ではH_{7c1}より損失が大きいう問題があったがH_{7c4}では低温側でも損失が低減しており、より広い温度範囲で使用できるようになった。

図2.22 は周波数とコア損失の関係を示したものでH_{7c4}の損失はH_{7c1}の半分程度で周波数特性も大幅に改善された。

これら低損失材は結晶粒径を小さくして電流損を下げると同時に、微量のCaO、SiO₂を添加して粒界に析出させ電気抵抗を高める事により得られるが、このためには主成分及び添加物の選択と同時に結晶の微細構造を決定する焼結条件をいかに決めるかが重要なポイントになっている。

図2.23 にMn-Znフェライトのコア損失低減の推移を示してある。¹³⁾ この20年間に損失は1/3以下に改良された。今後とも損失低減の努力が続けられる事を期待

したい。

フェライトの飽和磁束密度は材質、キュリー温度、化学組成、周囲温度の関数でキュリー温度の高いものほど、高温での飽和磁束密度は高くなる。

図2.24 は温度-飽和磁束密度のグラフで例えば100℃の時H_{5A}材ではB_s=0.24TだがH_{7C1}ではB_s=0.36Tと約1.5倍程高い値となる。¹⁴⁾このため最近のパワー材は大半がキュリー温度は200℃以上となっている。Mn-Zn系フェライトの飽和磁束密度の最大値は実用化されているもので約0.6Tであるが理論上は0.7~0.75Tが予想されているので更に一段の改良がされるものと思われる。

パワー材はキュリー温度が高いほど良いが、これとは逆にキュリー温度が常温付近にあるコアを使用して蛍光ランプの光出力の温度依存性を補償する回路の報告がなされた。

¹⁵⁾ トランスの小形化、軽量化のためにコア材質の改良とあいまってコア形状の改良も種々試みられている。

図2.25 は2個の4脚コア及び1個のI型コアを用い中央部に1次コイル、両側に2次コイルを配したトランスで、蛍光ランプ2灯用高周波点灯回路に用いられている。

一般に二灯用高周波点灯回路はランプを直列接続する場合が多く、一方のランプが不点になると他のランプも不点になる。このトランスを用いると各二次コイルに一本ずつラン

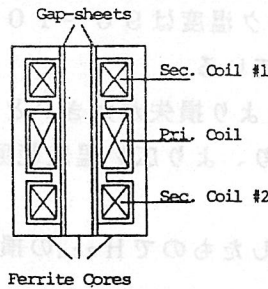


図2.25 新形トランス

プを接続出来、一方のランプが不点になっても他のランプは点灯可能であるという特長を持っていると同時にコア重量も軽量化されている。¹⁶⁾

電子回路式安定器用のトランスは昇圧機能と、ランプ電流制限機能の両方を有するリレーケージトランスタイプにする事が多い。ランプを点灯するのに必要な無負荷電圧とランプ電流よりトランスの昇圧比及び漏れインダクタンスは決定される。一方このトランス

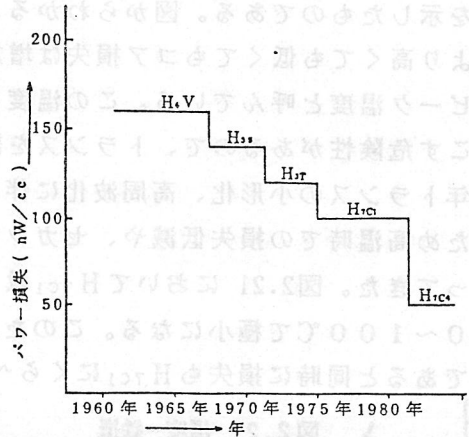


図2.23 Mn-Znフェライトの電力損失低減の推移(25KHz、0.2T)

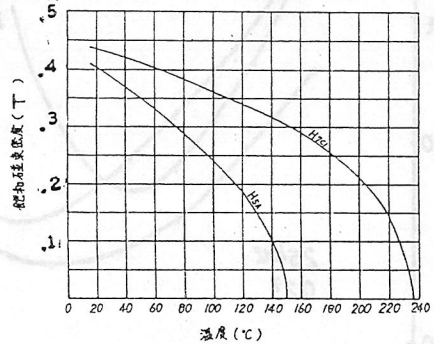


図2.24 温度-飽和磁束密度

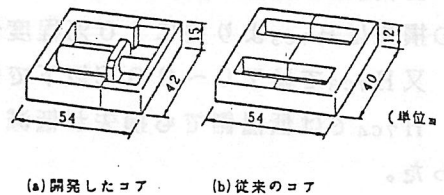


図2.26 開発したコア形状とトランスの損失

はインバータ回路の一部を構成しているためにこちらからの制限を受ける。このため標準のEEコアを使用した場合設計の自由度が少なく低損失化が困難であった。

この問題を解決するために図2.26に示すようなコアが開発された。¹⁷⁾このコアは漏れ磁束による漂遊損を低減させるためバスコアを設け、組立性と作り易さを考慮して中央脚を小判形としバスコアをはめこむ構造とし、バスコア長をバス磁路の約1/2に選び、主脚の断面積は損失配分を考慮して決定されている。更にコア材として低損失材を用いることによりEEコアを用いた時よりもトランス損失は27%低減された。

上記コアの中央脚は小判状であるが、標準のEEコアやEIコアでも作業性の向上や、巻線の結合を良くしたりするために従来の方角形から円形の中央脚に形状を変化したコアが出廻るようになってきた。

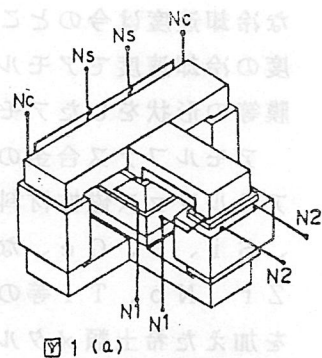


図 1 (a)

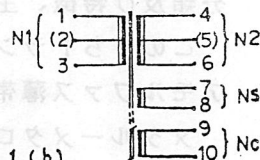


図 1 (b)

図2.27

可変リーケージトランス

図2.27は可変リーケージトランス(VLT)と呼ばれるもので、EIコアとUIコアが組み合わされて、上から見るとT字形になっている。一次コイルはEコアの中央脚と、UIコアの一方の脚とに共通に巻かれ、二次コイルはUコアのもう一方の脚に巻かれる。制御コイルはEコアの両側脚に巻かれEコア及びUコアにIコアが付け加えられて閉磁路となる。このトランスはスイッチング電源用として実用化されているが、蛍光灯用インバータ回路に用いることにより連続調光可能な電子回路式安定器が得られるという報告がなされた。¹⁸⁾

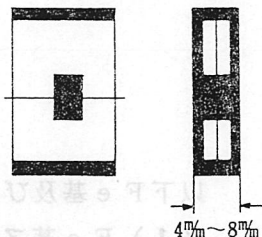
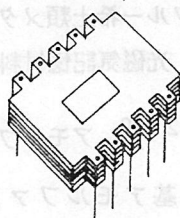
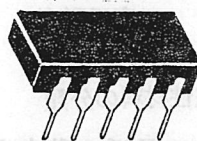
積層コイル—3~15層

(銅箔20 μ ~200 μ)

フェライトコア

銅箔をフォトエッチングして平面渦巻き状のコイルを作り、このシート状のコイルを積みかさねて形成したシートコイルと特殊な扁平状のフェラ

トランス型状



4%~8%

図2.28 シートコイルトランス

トコアを組み合わせたシートコイルトランスという新しいタイプのトランスが考え出された。図2.28にこのトランスの外観及びコイル、コアの形状を示してある。¹⁹⁾

このトランスの体積及び重量は従来トランスの各々60%、40%ということで大巾な小形軽量化がなされている。又高さは従来の1/2~1/3で薄いという特長がある。

(2) アモルファス磁性体

アモルファス金属は気体や液体を結晶化するより速い速度で急冷して得られる非晶質(アモルファス)の金属をいい、従来の金属にない性質を持っているために磁性材料、触媒材料、水素貯蔵材料、複合材料等として各方面から注目されている。

純金属をアモルファス化するには 10^{10} K/S以上の冷却速度が要求されるがこのよう

な冷却速度は今のところ実現が困難である。しかし合金の場合では $10^5 \sim 10^6$ K/S 程度の冷却速度でアモルファス化が可能となり、各種製法により薄帯、細線、微粒子、薄膜等の形状をしたアモルファス合金が得られるようになってきた。

アモルファス合金のうち強磁性を示し磁性材料として用いることが出来るいわゆるアモルファス磁性材料はその組成の主体が Fe、Co、Ni、の金属で、これに B、C、Si、P、Ge、などの半金属元素を20原子%前後加えたメタル-メタロイド系と、Zr、Nb、Ti等の金属元素を10原子%前後加えたメタル-メタル系と、希土類元素を加えた希土類メタル-メタル系に分けられる。図2.29 にアモルファス磁性材料の分類及び特徴、主用途を示してある。

このうちトランスやコイルのコア材として用いられるものはメタル-メタロイド系のアモルファス薄帯である。

メタル-メタロイド系において組成の主体を Fe にするか、Co にするか、Ni にするかにより、磁気特性は大きく異なり、Fe を主体にした Fe 基合金では高磁束密度、低損失、Co を主体にした Co 基合金は零磁わい、高透磁率、Ni 主体の Ni 基合金は低キュリー点、高透磁率という特徴を有している。

トランス、コイル等に使われるパワー材としては Fe 基合金、又は Co 基合金が適している。

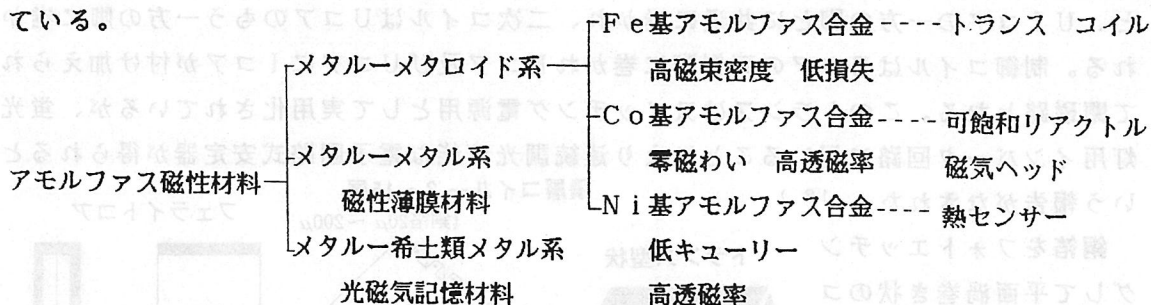


図2.29 アモルファス磁性材料の分類

以下 Fe 基及び Co 基アモルファス合金の最近の動向を述べる。

(1) Fe 基アモルファス合金

Fe 基アモルファス薄帯は他のアモルファス合金とくらべた場合、高磁束密度、低損失を特徴としている。しかしアモルファス化を容易にするために、20原子%前後の半金属が添加されているために、3%珪素鋼板とくらべると磁束密度は20%前後低く、原理的なことなので今後この値が大幅に改善される可能性は薄い。このためトランスを設計する場合、磁気飽和を避けるため磁束密度は珪素鋼板より低めにしなければならず、トランスは大きくなる。

表2.3 代表的 Fe 系アモルファス合金の飽和磁束密度

	B_s [T]		B_s [T]
$Fe_{80}B_{20}$	1.67	$Fe_{77}Co_7B_8C_4$	1.84
$Fe_{83}Si_7B_{10}$	1.65	$Fe_{80}P_{10}C_7$	1.40
$Fe_{81}B_{17}C_4$	1.70		
$Fe_{83}Si_{1.1}B_{13}C_{1.1}$	1.70	Fe-3%Si	2.03

表2.3 に代表的な Fe 基アモルファス

合金の飽和磁束密度を示してある。²⁰⁾

しかしながら鉄損は珪素鋼板にくらべて著しく小さく1/3~1/5程度である。この理由は板厚が珪素鋼板の1/10の約30 μ mで、かつ体積抵抗が3倍程高く約130 $\mu\Omega\cdot$ cm近くあるためうず電流損が小さいこと、磁気異方性がないために保磁力が小さくヒステリシス損が小さいことによる。

図2.30 にFe基アモルファス合金の低周波での特性の一例を示してある。²⁰⁾

アモルファス薄帯を低周波の電力用トランスに用いるとコアサイズが大きくなりこれによりコイルサイズも大きくなるにもかかわらず、盛んに研究されている理由は珪素鋼板にくらべて大幅に鉄損が減らせられ、省エネルギーとなるからである。

又鉄損が減ればトランスの放熱板が小さくてすみ全体としては小形になる可能性がある。

Fe基アモルファス合金を電子回路式安定器に応用する事を考えたとき、低周波領域では毎サイクル点灯形又は相制御形電子安定器に用いられるチョークコイル用コアが考えられる。

試作例が今のところ報告されていないので正確なところはわからないが、コア損失とコイル損失が等しいとすると、アモルファス材を使うことにより従来の珪素鋼板にくらべチョークコイル損失は2/3程度になることが予想される。

Fe基アモルファス合金は珪素鋼板にくらべて鉄損が非常に小さいというのが特徴であるが、その体積抵抗率や板厚から予想される値にくらべ鉄損は非常に大きい。

これは磁区が大きいことによるもので、このためアモルファス化の後に特殊処理を施すことにより、磁区を微細化する試みがなされている。^{21) 22)}

このような低損失化の試みは比較的低周波領域でしか使えなかったFe基アモルファス合金を、高周波領域でも使えるようにするものである。

Fe基アモルファス合金の磁歪は非常に大きいのが、この磁歪を低減すると高周波領域での鉄損が低下する。このような改良されたFe基低磁歪アモルファス合金は、100kHz以下においてMn-Zn系フェライトよりも鉄損が小さい。

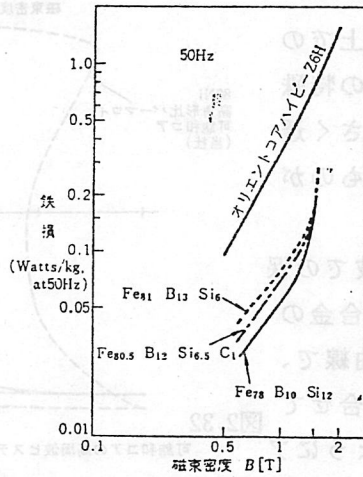


図2.30 鉄心用アモルファス合金の鉄損特性の例(オリエンタコアハイビーは新日鉄カタログによる)

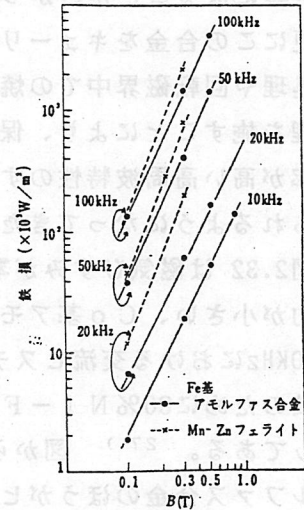


図2.31 Fe基低磁歪アモルファス合金とフェライトの鉄損比較

このようなアモルファス合金の鉄損特性の一例を図2.31 に示してあるが、このアモルファス材を用いてE型コアを作り特殊放電灯用電子回路式安定器のトランスに応用した例が報告されている。²³⁾

このほかにもFe基アモルファス合金の低損失の特徴をいかしてチョークコイルを実用化した例が報告されている。²⁴⁾

(2) Co基アモルファス合金

Fe-半金属合金は磁歪定数が正であるが、Co-半金属合金では負となる。そこでCo、Fe、半金属を適当に配合すれば磁歪が零になることが予想され、研究がなされた。その結果Coを主体にし3~5原子%のFeを含むCo基アモルファス合金は、磁歪が零になることがわかった。^{25) 26)}

更にこの合金をキュリー温度以上での熱処理や回転磁界中での焼なまし等の特殊処理を施すことにより、保磁力が小さく透磁率が高い高周波特性のすぐれたものが得られるようになってきた。

図2.32 は磁気ひずみが零で高周波での保磁力が小さい、Co基アモルファス合金の100kHzにおける交流ヒステリシス曲線で、比較のために80%Ni-Fe合金も合せて示してある。²⁷⁾ 図からわかるようにアモルファス合金のほうがヒステリシス曲線の面積が小さく、角形性がよいことがわかる。

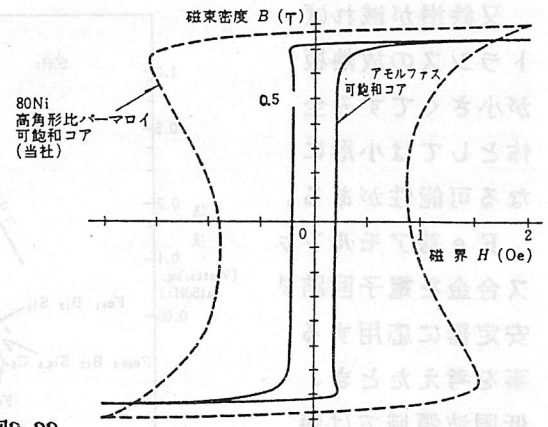


図2.32

可飽和コアの高周波ヒステリシス曲線(100kHz)

このような保磁力が小さく角形性がすぐれた特性を生かして磁気増幅器式スイッチング電源への応用が最近盛んに行われている。従来はこのような電源に用いられる可飽和リアクトルにはパーマロイが用いられていたが、動作周波数は20kHz前後であり、このためコアが大きく他の方式にくらべあまりメリットがなかった。しかしCo基アモルファス合金を用いることにより、数百kHzまで動作周波数を広げることが出来るようになり、これにより装置が小形軽量化され他の方式とくらべてもメリットがあり実用化されはじめた。^{28) 29)}

Co基アモルファス合金はこのほかにも、高透磁率の特長を生かしてノイズフィルタ用チョークコイル等の応用が検討されている。³⁰⁾

又ダイオードのリカバリ特性を改善し、ノイズを低減するための可飽和リアクトルとして実用化されている。³¹⁾

(3) アモルファス合金の技術課題

アモルファス合金は低周波から数百kHzの高周波までの領域ですぐれた磁気特性を有しているが、半面実用化にあたっては多くの問題点を抱えており、これらは解決されね

ばならない。以下アモルファス合金の抱えている技術課題について述べる。

(a) 経時変化

アモルファス合金はエネルギー的には準安定状態にある。このため時間の経過とともにエネルギー的に安定な状態である結晶状態に移行し、寿命が尽きる。

この寿命は温度の関数で高温で使用されると極端に短くなるので注意を要する。どのような温度で使用すればどのくらいの寿命があるかを調べるために、加速試験やフィールドテストが行われており、例えば磁気増幅器として使用し2万時間経過したが電源パラメータの変化はなく、コア温度120度では10万時間以上の正常動作が推定されるという報告がなされている。²⁷⁾ 低周波電力トランスでも大規模なフィールドテストが行われており、近いうちに信頼性の確認がされるものと思われる。

(b) 温度特性

アモルファス合金は珪素鋼板にくらべてキュリー一点が低いため、飽和磁束密度の温度変化が大きく100℃では常温より約5%低下する。これを考慮して磁束密度を低めに設定する必要がありトランスが大きくなる。

図2.33 にアモルファス合金の温度特性を示してある。

³²⁾ 図において鉄損は1T以下では負の温度特性を示すが、1.3T以上では60~80℃以上で正になるので注意が必要である。

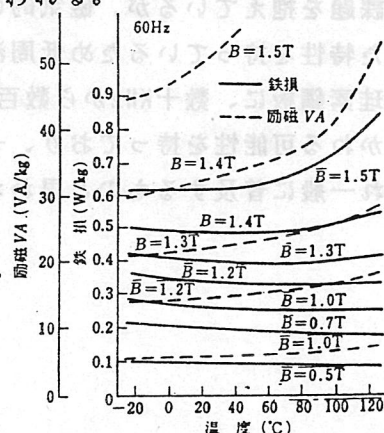


図2.33 アモルファス合金の温度特性

(c) 加工劣化

曲げ、切断、接着等の加工時に加わる機械的ストレスにより磁気特性の劣化があるため出来るだけストレスを加えないで加工する必要があり、珪素鋼板と異なり取り扱いが面倒である。

(d) 磁気ひずみ

Fe基アモルファス合金は磁歪定数が大きく珪素鋼板より騒音が大きくなる事が考えられ、場合によっては何等かの対策を要する。

(e) 占積率

アモルファス合金は一般に30μmの厚さしかなく、かつ表面の平滑度が充分でないので占積率が0.75~0.80程度であり、珪素鋼板の0.97にくらべてかなり小さく、このためトランスが大きくなる。

(f) 作業性

珪素鋼板にくらべ厚さは約1/10なので巻鉄心にしても積層鉄心にしてもコア組立の手間がかかる。このため厚板化の研究が行われており、例えば5~10枚重ねて一枚の板にする事が考えられており0.13~0.15mmの厚さのものは実用化されはじめた。

(g) コスト

アモルファス合金は低周波領域では珪素鋼板、高周波領域ではフェライトと競合する

がコスト的には今のところアモルファスの方が高い。

図2.34 にアモルファス鉄心の価格動向を示してある。³³⁾

アモルファス合金の製法工程は珪素鋼板の工程に比べ少なく、又製造に要するエネルギーも少なくすむため製造コストは安くつき、大量に生産されればこの差はつまるものと考えられている。

アモルファス合金は上記のような技術課題を抱えているが、磁気的にはすぐれた特性を持っているため低周波領域では珪素鋼板に、数十kHzから数百kHzの高周波領域ではパーマロイ、フェライトにとってかわる可能性を持っており、一部では実用化されはじめています。今後更に改良が加えられ一般に普及するものと思われる。

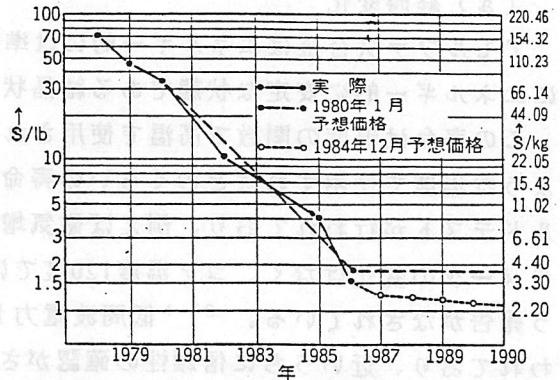


図2.34 アモルファス鉄心材料の価格動向

2. 3. 3 コンデンサ

電子回路式安定器で使われるコンデンサは

アルミ電解コンデンサ・・・商用入力整流平滑用、制御回路用DC平滑用
タイマー時間設定用等

プラスチック・フィルム
コンデンサ

・・・高周波振動（発振）用、始動パルス発生用、雑音防止用
フィルター用

が主なものである。

(1) アルミ電解コンデンサ

商用電源入力の整流平滑に使われるための要件としては、許容リップル電流が大きい、数万時間の使用に耐え容量の経時変化が少ない、寿命末期に安全である、小型であること等が必要である。

図2. 35は最近電子回路式安定器用に開発された電解コンデンサの構造と等価回路を示す。³⁴⁾上記要件を満たすための改良点として

高温で安定な電解液の採用

誘電体酸化被膜や封口ゴム材の改良を行って等価直列抵抗（ESR）の低減により自己発熱を抑え、電解液の枯渇時間を延ばし耐リップル性を向上させている。

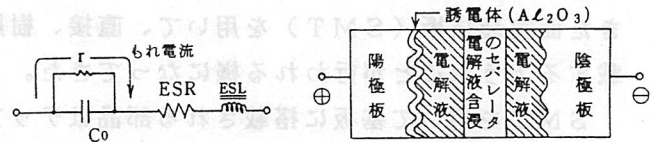


図2. 35 電解コンデンサの構造と等価回路

アルミ電解コンデンサの特性は容量、損失角の正接、漏れ電流（抵抗 r による）が主なもので使用時間に対する変化率が小さい事が望まれる。安定器はランプやコイル等の発熱でそれ自体の温度が上昇するため、その中で使用されるアルミ電解コンデンサは高温で使用可能なものでなければならない。使用温度の向上とより小型化が図られる事が期待されている。^{35), 36)}

(2) プラスチック・フィルムコンデンサ

プラスチック・フィルムコンデンサに要求される事としては

- (1) 高周波での損失の低減（ $\tan \delta$ の低減）
- (2) 使用温度の向上
- (3) 耐炎性、自己消火性の向上
- (4) 形状の小型化

等があり、そのため高耐熱フィルム、コーティング材、構造等の検討が続けられている。高周波発振回路に使われるフィルムコンデンサとしてはポリプロピレン・フィルムコンデンサやポリエステル・フィルムコンデンサが使われている。また、アルミの蒸着フィルムを用いるメタライズドフィルムコンデンサは小型で耐圧の自己回復性があり広く用いられている。今後、積層コンデンサやチップ実装用コンデンサ等形状小型なコンデンサ部品が使われると予測される。

2.3.4 ハイブリッドIC

ハイブリッドIC（以下HIC）とはセラミック基板上に抵抗、コンデンサー、などの受動素子とトランジスタ、ICなどの能動素子を搭載しこれらを電氣的に接続した、ある機能を有する一電子部品という考え方がなされており、モノリシックICと対比して考えられていた。

そしてモノリシックIC化出来なかつたり、モノリシックIC化しにくい回路、例えば50~150V以上の高電圧回路や、十数W以上の大電力回路、あるいはモノリシックICの周辺回路等に用いられ装置の小形化に貢献してきたが、モノリシックICにくらべ生産数や、金額が少ないこと、技術的にもそれほど高度のレベルを必要としないと考えられていた等の理由によりどちらかというところ、脇役的な存在であった。

しかしながら電子機器の小形軽量化、薄形化等の要求は年々強まり一層の高密度実装が必要になってきた。このためHICの基板に部品を搭載する技術として開発され普及してきた面実装技術（SMT）を用いて、直接、樹脂基板やフレキシブル基板に電子部品を搭載するようなことが行われるようになってきた。

SMTを用いて基板に搭載される部品はチップ抵抗、チップコンデンサー、チップインダクタンス等のもとより、LSI、各種センサー、表示素子等多岐に渡っており、基板全体が一つのHICとみなされるようになってきた。

このようにHICは質的な変化を遂げつつあるが、以下パワーエレクトロニクス、特にスイッチングレギュレータや電子回路式安定器用のHICについての技術動向について述べる。

(1) スwitchングレギュレータ用HIC

スイッチングレギュレータはオフコン、ワープロ、ファクシミリなどのOA機器や、VTRをはじめとする民生機器、通信、計測機器等の電源として利用されているが、これらの電子機器への“軽薄短小”の要求は強く、スイッチングレギュレータの小形、軽量、薄形化も強く要求されている。

このためスイッチングレギュレータの動作周波数をより高周波化することにより、トランス、コイル、コンデンサーなどの部品の小形化をはかっている。

高周波化により小形化出来ないパワートランジスタや制御回路等はHICを導入して小形化、高機能化をはかっている。

図2.36はPWM方式のスイッチングレギュレータのブロック図であるが、³⁷⁾ 点線内で示されている範囲は制御回路部で、誤差増幅器、PWM回路、過電圧、過電流回路等より構成されているが、この部分は比較的容易にIC化が可能で、各社よりモノリシックICとして発売されている。このようなモノリシックICは汎用性を持たせるために、多くの外付け部品を必要とし、かならずしも実装密度は高くない。そこでこれらの周辺回路を取りこんで実装密度を高めたカスタムHICがある。

更に最近では制御部だけでなく、大電力を制御する主トランジスタを組み込んだパワー

H I C が実用化されはじめた。

パワー H I C の構造は次の三つの方式が実用化されている。 38)

1. アルミベース基板上に高熱伝導性絶縁層を設ける絶縁アルミ基板方式
2. 金属ベース上にアルミナ基板を設けるアルミナ基板方式
3. 銅フレームを直接ヒートシンクとしたトランスファーマールド方式

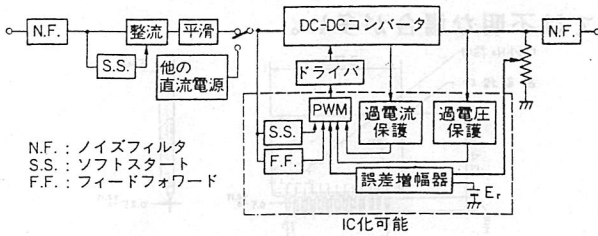


図2.36 スイッチングレギュレータの構成

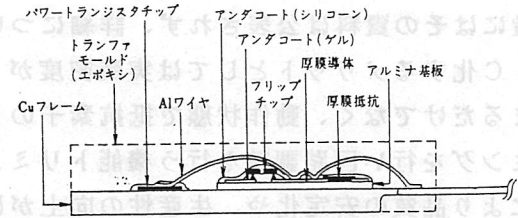


図2.37 トランスファーマールドハイブリッド IC の断面構造

このうち3のトランスファーマールド方式は、成型が容易で量産性にすぐれ、低コストで信頼性も高く、最もコストパフォーマンスの高いパッケージ方式といわれている。 39)

図2.37にトランスファーマールド H I C の断面構造を示してある。

パワー H I C は制御部の低圧回路と主回路の高圧回路の電気絶縁及び熱絶縁が重要なポイントになる。

(2) 電子回路式安定器用 H I C

蛍光灯用のスタータを電子化する動きは十数年前から盛んに行われていたが、このスターターはランプを確実に始動出来るだけでなく、ランプ点滅によるランプ寿命の短縮を防ぐためのソフトスタート機能や、ランプ不点時にパルス発生を停めるパルス発生停止機能等を有していなければならず、このためスターターは大型化しコストは高くなる。

このような問題を解決するために、十年程前に電子スターターをモノリシック IC 化しようとする試みがなされた。

図2.38に試作 IC の構造図を示してある。 40)

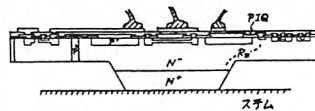


図2.38 IC 断面形状

又昭和58年には H I C 化した電子スターターが開発され、スターターの小形化、低コスト化、高信頼性がはかられた。 41)

更に最近、蛍光ランプを高周波点灯する電子回路式安定器においてはその制御回路の一部にタイマー IC や、スイッチングレギュレーター用制御 IC を用いたものが、発表され実用化されはじめた。 42) 43) 44)

これらの IC は一般に入手可能なモノリシック IC を使用している。

図2.39は位相制御形の電子安定器で 45) 制御部はインピーダンス電圧状態検出部、電源状態検出部、比較パルス発生部よりなり、これらを構成するために、数十点の抵抗、コン

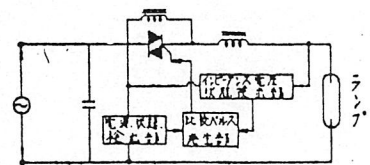


図2.39 位相制御型電子安定器ブロック図

デンサ、半導体素子等のディスクリート部品を必要とする。

図2.40はこの制御部をHIC化した時のHICの外形寸法図で実装密度は大巾に向上している。

このほかにも制御部をIC化、HIC化する動きは盛んで、多くの電子安定器で採用され始めている。しかしながら電子安定器用のHICはカスタムICの場合がほとんどで、一般にはその資料は公表されず、詳細については不明な場合が多い。

HIC化するメリットとしては実装密度が高まるだけでなく、動作状態で抵抗素子のトリミングを行い回路調整を行う機能トリミングにより品質の安定化や、生産性の向上がはかれ、信頼性も高まる。

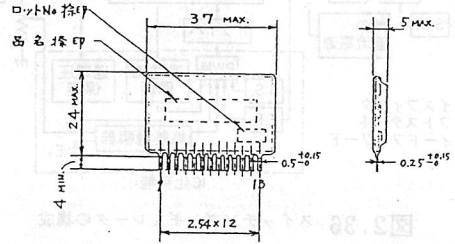


図2.40 HICの外形寸法図

又多くの部品点数の管理が不用になるため、生産コスト、管理コストの低減がはかれる。更に回路をブラックボックス化出来るため機密が保持される等の利点が上げられる。

電子回路式安定器用HICは今のところ、制御部に限定されているようだが近いうちに、主電力を扱う半導体素子も含めて一体化され、電子回路式安定器の小形軽量、高機能化に貢献するものと思われる。

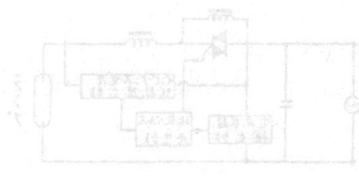


図2.39



図2.38 HICの外形寸法図

図2.39は電子安定器の回路図

図2.38は電子安定器用のHICの外形寸法図

図2.39は電子安定器の回路図、図2.38は電子安定器用のHICの外形寸法図

- 1) 放電灯安定器調査専門委員会：最近の放電灯安定器とその動向，電気学会技術報告（Ⅱ部）第172号
- 2) 安達宏美：最近の電子スタータ，電気四学連大（昭55）14
- 3) 赤塚，小林，井山：40W蛍光灯の低電圧点灯，照学全大（昭56）48
- 4) 前田，安部，岡本，菰田，中谷：HIDランプ用ハイブリッド点灯回路，照学全大（昭54）24
- 5) 青池南城：高周波点灯形安定器，電気四学連大（昭58）14・点灯回路小形軽量化技術，電気情報関連学会連大（昭60）13
- 6) 中川，熊田，赤塚，小山：小形蛍光ランプ用電子安定器の開発，照学全大（昭59）25
- 7) 仲矢文則，青池南城：自励一石式トランジスタインバータによる連続調光用蛍光灯安定器，照学全大（昭60）24
- 8) 雨宮好文：電源回路，日刊工業新聞（昭37）
- 9) 湯原，乾，青池：定電流プッシュプルインバータによる蛍光ランプ用電子安定器，照学誌（昭59）3
- 10) W.J.Chudobiak, D.F.Page : Frequency and Power Limitations of Class-D Transistor Amplifiers, The Journal of Solid-state circuit, vol sc-4, Feb.1969.
- 11) 清水恵一，仲矢文則：575Wショートアークメタルハライドランプ用点灯装置の開発，照学東支大（昭59）10
- 12) 中岡，金，丸橋：高周波用電力半導体デバイス応用技術の現状と将来動向，電気情報関連学会連大（昭和60）6
- 13) 落合達史郎：最近のフェライト技術の開発について，ファインセラミックス第6巻（昭60）4～11
- 14) 和崎賢，三井正：高周波電力変換用フェライトコアについて，電気四学連大（昭55）14～3
- 15) 関，千葉，志田，村上：感温磁心の蛍光灯点灯回路への応用，照学東支大（昭51）5
- 16) 平山弘三，蛭名久志：高周波点灯回路用フェライトリーケージトランスの一形式，照学東支大（昭57）6
- 17) 湯原，延原，三井，今泉：電子安定器用フェライトトランス，照学東支大（昭58）4
- 18) 平山弘三：可変リーケージトランスを用いた連続調光可能な蛍光灯用インバータバラスト回路，照学全大（昭57）38
- 19) 日本フェライトカタログ cat1184A

- 20) 佐藤：アモルファス金属の現状と将来，OHM vol.70 No9 (昭58) 17~20
- 21) H.Fujimori etc：IEEE Trans,Magn.,MAG-16(1980)
- 22) R.F.Krause etc：IEEE Trans,Magn.,MAG-17(1981)
- 23) 猪俣浩一郎：スイッチング電源用コア，電子材料 (昭59) vol.23 No2 58~61
- 24) 沢，広瀬，猪股：アモルファス磁性部品のスイッチング電源への新しい応用，東芝レビュー 第39巻 (昭59) 735
- 25) M.Kikuchi etc：Japan J.Appl.Phys.,14,1077(1975)
- 26) R C.Sherwood etc：AIP Conf.Proc.,24,745(1975)
- 27) 広瀬順夫，荒川靖：アモルファス可飽和コアとスイッチング電源技術，東芝レビュー 第40巻 1号 (昭60) 32~34
- 28) 中島，下江，吉沢，恩田：アモルファス磁心を用いた200KHz磁気制御式スイッチングレギュレータ，電子通信学会技術研究報告 vol.84,No292 1~6 (昭60)
- 29) 沢，猪股，安瀬：スイッチング電源用非晶質合金，東芝レビュー 第37巻 10号 (昭57)
- 30) 重田，柴田，菅谷：薄帯と高周波用磁心，日本応用磁気学会研究会資料 vol.45th 11~16 (昭61)
- 31) 日下，田崎：アモルファス小形可飽和コアによるスイッチング電源のノイズ低減，電気学会半導体電力変換研究会資料 vol.spc-85,No27-37
- 32) 電気学会技術報告 2部 第195号 P57
- 33) 山本靖夫：アモルファス合金，工業材料 38巻 11号 48~52
- 34) 三谷正孝，宮本覚：電子安定器向電源平滑用電解コンデンサについて，照学全大 (昭57) 39
- 35) 細矢，柳橋，木内：アルミニウム電解コンデンサの漏れ電流と寿命特性，信学全大 (昭59) 121
- 36) 柳橋，木内，園：アルミニウム電解コンデンサの寿命評価法に関する検討，信学全大 (昭59) 122
- 37) 原田耕作：電源技術の現状と将来，電子技術 第27巻 第2号 (昭60) 18~25
- 38) 番作勲：ハイブリッドIC，'86スイッチング電源システムシンポジウム 4-3-5
- 39) 関根宏人：トランスファモールド形パワーハイブリッドIC，電子材料 第24巻 第5号 (昭60) 146~151
- 40) 小山，戸村，今泉：け光灯用半導体スタータのIC化の試み，照学全大 (昭51) 24
- 41) 小沢，小山，伊藤，能見：多機能化蛍光灯用電子スタータ，照学全大 (昭58) 23
- 42) 中川，吉田，赤塚，小山：一石他励式ICインバータスタンドの開発，照学東支大 (昭61) 6

3.1 電子化による技術的効果

安定器の始動器や限流素子を電子回路技術を用いて電子化することにより、鉄銅の使用量が減り安定器は小型軽量化される。更に点灯方式によっても異なるが安定器損失の低減、50/60 Hz共用化、定電力性などの安定器性能の向上や、発光効率の上昇、ランプの長寿命化などのランプ特性の改善等多くの技術的効果が電子化により得られる。

表 3.1に電子回路式安定器の技術的効果を示してある。これら技術的効果はランプの種類や点灯方式により少しずつ異なるので、以下各点灯方式毎に説明する。

表3.1 代表的電子回路式安定器の技術的効果

使用ランプの種類		点灯方式	技術的効果		点灯システムの高性能化							ランプ特性の改善						
			小型軽量	限流素子の小形化	始動器の小形化	回路電力損の低減	定電力性	低始動電流化	50/60 Hz共用	調光可能	始動時間短縮	ちらつき低減	低騒音	瞬時再点灯	発光効率の向上	ランプの長寿命化	定色温度化*	
蛍 光 ラ ン プ	FL,FLR	半導体スタータ形 毎サイクル点弧形 高周波点灯形 直 流 点 灯 形	○															
	FL,FLR			○		○				○								
	FL,FLR,FG			○		○				○	○		○	○	○	○		
	FL,FG											○						
H I D ラ ン プ	H,M,NH	半導体イグナイタ形 毎サイクル点弧形 位 相 制 御 形 高周波点灯形 無電極放電形 直 流 点 灯 形		○		○												
	NH			○		○											○	
	H,M,NH			○		○	○			○								○
	H,M,NH			○		○				○	○		○	○				
	H,M		○		○				○								○	

FL：スタータ形蛍光ランプ
H：高圧水銀ランプ

FLR：ラビッドスタート形蛍光ランプ
M：メタルハライドランプ

FG：電球形蛍光ランプ
NH：高圧ナトリウムランプ
* NHランプ点灯回路の場合

3.1.1 蛍光ランプ用安定器

(1) 半導体スタータ形¹⁾

半導体スタータ形は始動に関してのみ半導体を応用して高圧パルスを発生させ蛍光ランプを始動させる方式であり、始動後は磁気回路式安定器として機能する。スタータ形蛍光ランプは一般にグロースタータを使用して点灯させるが、始動時間が長い、グロースタータが消耗品であるなどの欠点があるが、これを半導体スタータ形安定器にすることにより、これらの欠点は克服出来る。ラピッドスタート形蛍光ランプの場合はフィラメントを予熱しつつ、放電に必要な2次電圧を昇圧リレージトランスで印加点灯させているが、半導体スタータ形安定器を使用することにより、ランプと電源電圧との組合わせによっては、昇圧リレージトランスをチョークコイルに置き換える事が可能になり磁気回路式安定器に比べて小型軽量となる。

(2) 毎サイクル点弧形²⁾

蛍光ランプを商用電源で点灯する場合、通常の磁気回路式安定器では、半サイクル毎に再点弧を繰り返すが、このためにランプに加える電圧はランプ電圧の1.3ないし2倍を必要とする。そのために安定器は大型となり、安定器損失も大となっている。しかし電源周波数の半サイクル毎に再点弧に必要なパルス電圧をタイミングよく印加すれば、電源電圧はランプ電圧とほぼ同等までに下げることができるため、電源電圧に対する昇圧分および限流作用機能を軽減する事ができ安定器損失を低減できる。例えば実用化例として、入力電圧100V、FCL30、4灯用として、従来形に比し、入力電力は132Wから122W、重量は1.85kgから1.05kgへとほぼ半減している。調光機能もあり、60%まで可能である。始動時間も短縮され、従来形の2ないし5秒が1秒となっている。また力率も低力率からほぼ高力率になっている³⁾。

(3) 高周波点灯形

蛍光ランプを高周波で点灯させる方式は古くから車両照明用として使用されているが、商用電源を電源とし、一般用途として高周波化された安定器の実用化は昭和50年代初期の頃である⁴⁾。現在は高周波点灯形安定器の特性上、事務所照明、家庭用照明、店舗用照明、産業用照明などに広く使用されている。高周波点灯形は商用電源を整流して又は直流電源を20ないし70KHzの高周波に変換し、これを電源として蛍光ランプを点灯する方式であり、この整流、変換部を除けば、基本的には磁気回路式安定器と同じである。しかし高周波にすることにより安定器の構成上、周波数に逆比例して小型になる要素が多く、安定器の形状は小型軽量となり、省電力化される。また入力電源が商用電源の場合、整流して使用するので、周波数

には無関係となり50/60Hzが共用化できる。整流後、コンデンサにより完全平滑する方式、全く平滑しない無平滑、及び電源の一部または発振後の電力の一部を掃蕩して平滑する部分平滑などの方式があるが一長一短がある。一方、蛍光ランプは高周波点灯により効率は約15%向上し、回路方式によってはちらつきは全く無くなる。適用ランプはラピッドスタート形はもちろん、スタータ形蛍光ランプも使用可能となった。また磁気回路式安定器ではラピッドスタート形の場合、常時陰極予熱を行っているが高周波点灯形安定器の場合、点灯後は陰極予熱のための回路を電氣的にカットして省電力化を計った方式もある。調光機能を加えた高周波点灯形安定器では従来の磁気回路式安定器が連続調光の場合3線式配線を必要としていたが、2線式でできるようになった⁵⁾。電球形蛍光ランプ用電子回路式安定器がランプと一体化される場合、小型軽量、省電力化は決定的メリットであろう⁶⁾⁷⁾。更に直流重畳により軽量化されたタイプ⁸⁾、多灯用(6灯)電子回路式安定器も実用化された⁹⁾。電気スタンドにも電子回路式安定器が実用化された¹⁰⁾。フリッカレス特性を考えると学童用スタンドとしては眼の疲労の点からも今後普及していくものと考えられる。太陽電池を電源に利用した照明施設も街路灯として実用化された¹¹⁾¹²⁾。近くに商用電源が無い場合のメリットは大といえるであろう。

(4) 直流点灯形

直流点灯形電気スタンドが実用化された¹³⁾。限流素子には商用電源用チョークコイルを使用するがランプは全波整流後に直流点灯される。输入的には交流、输出的には直流形の点灯装置となる。従ってランプのちらつきはない。一般的に蛍光ランプの直流点灯はカタホレシス現象が問題になるが、点滅スイッチのオン、オフ毎に極性が切り替えられるようになってきているため、上記の問題は解決されている。

3. 1. 2 HIDランプ用安定器

(1) 半導体イグナイタ形

メタルハライドランプや高圧ナトリウムランプは始動電圧が高いためにこれらのランプを点灯するには従来はリーケージトランス形安定器やリードピーク形安定器を用いていたがチョークコイル形安定器にくらべて大型になるという欠点があった。半導体イグナイタ形安定器はチョークコイルにランプ始動時に高圧パルスを発生する半導体イグナイタを付加したものである。半導体イグナイタは一般的には半導体スイッチング素子、コンデンサ、インダクタンス素子の直列回路より構成されている。インダクタンス素子にはチョークコイルのインダクタンスを用いる場合と、別にパルストランスを設けそのインダクタンスを用いる場合がある。チョークコイルのインダクタンスを用いる方法は比較的発生するパルス電圧が高く周波数も低いため、ランプ安定器間の配線によるパルス減衰は少なく100mの配線が可能なものもある。しかしながらチョークコイルに高圧パルスが印加されるのでイグナイタとチョークコイルの適合性には注意する必要がある。

一方、パルストランスを用いたものはパルス周波数が高いため配線によるパルス減衰が大きく、ランプ安定器間距離は長く出来ず灯具に内蔵するのが望ましい。この方法はチョークコイルには高圧パルスは印加されないので一般に使用されているものでよい。

半導体イグナイタはどちらの方式でも小形軽量化されるので、安定器全体は従来のものにくらべて小形軽量化される。又イグナイタでの電力損失も小さいため省電力となっている。

(2) 毎サイクル点弧形

HIDランプを交流点灯すると電源の半サイクル毎に再点弧を繰り返すが、このためにはランプ電圧より高い電圧を必要とし、ランプによっても異なるが一般にランプ電圧の1.3倍から2倍の放電維持電圧を必要とする。電源電圧が低い場合にはリーケージトランス等で昇圧して点灯を維持する。このため安定器はランプ電流を制限する限流機能以外にランプによっては電圧を昇圧する機能を必要とし重く大型になっている。

交流の半サイクル毎にランプが再点弧する位相でパルス電圧をランプに印加してやると放電維持電圧はランプ電圧と同じくらいまで下げられ、これによって昇圧トランスが不要になる。又ランプ電圧と放電維持電圧が接近しているために限流インピーダンスも小さく出来る。このような電子回路式安定器を毎サイクル点弧形と呼んでいる。

毎サイクル点弧形は昇圧トランスが不要で限流素子も小さいので安定器は小形軽量化され電力損失も少ない。例えばランプ電圧100Vの85W高圧ナトリウムランプを100V電源を用い毎サイクル点弧形で点灯した場合、従来の安定器と比べて重量は3.5kgから1kgへと大幅に低減されている。又安定器損失も20Wから10Wへと半減している。¹⁴⁾

毎サイクル点弧形ではランプ電圧と電源電圧が接近しているので、ランプ電圧が上昇するとランプ電流が急激に減少しランプ電力も低下する。このような特性は高演色形高圧ナ

トリウムランプのランプ電圧ばらつきによる色温度ばらつきを低減させる。¹⁵⁾

すなわち高演色形高圧ナトリウムランプを従来タイプの安定器で点灯するとランプ電圧のばらつきにより色温度が変化し、実用上問題になることがあった。このランプの色温度を一定にするにはランプ電圧に反比例してランプ電力を減少させればよく、これが毎サイクル点弧形の特性に合致しているからである。

(3) 位相制御形

位相制御形はランプ及び限流素子に直列にトライアックのような半導体スイッチング素子を挿入し、電源電圧を位相制御することにより電源電圧を実効的に低下させランプ電圧に近づける事により安定器を小形化しようとするもので、この点では毎サイクル点弧形と同じである。限流素子が小さいのでスイッチング素子の損失があるものの安定器全体としての損失は従来のものより少なく省電力効果が得られる。

またスイッチング素子で位相角制御することにより今までの安定器では得られなかった特性が得られる。例えばランプ電圧やランプ電流を検知しランプ電力を一定にする定電力制御や、ランプによっては調光も可能である。

さらに高演色形高圧ナトリウムランプを、ランプ電圧が高いもの程ランプ電力を低減するように位相制御すると、電源電圧やランプ電圧のバラツキによる色温度変化を低く押える事ができる。

(4) 高周波点灯形

高周波点灯形は放電ランプを高周波電圧で点灯する方式で、バス、電車、船舶等直流電源しか得られないところで蛍光ランプを点灯するのに昔から使われており普及していた。

また最近では街路照明用に太陽電池を電源として低ワットの高圧ナトリウムランプを高周波点灯するものが実用化されている。

このように直流電源を用いて、放電灯を高周波点灯する方式はすでに実用化されているが、商用電源の得られる所でも、最近の回路技術や回路素子技術の進歩により小形軽量で高効率の高周波インバータが得られるようになってきたために、高周波点灯が積極的に検討され蛍光ランプ用はすでに実用化段階に入っている。しかしながら、H I Dランプ用は蛍光ランプほどには実用化されていない。この理由は高周波点灯によるランプ発光効率の上昇は若干あるものの、従来形安定器の損失が比較的少ないため省電力効果があまり得られないことや、音響的共鳴現象があり、点灯可能な周波数範囲が狭く、ランプによっては100 KHz以下では高周波点灯が出来ないという問題があるからである。

最近屋内照明用の光源として小形H I Dランプの研究開発が盛んに行われているが、このようなランプの安定器としては小形軽量で、ランプちらつきのないものが望まれている。これらの条件を満足する方式として高周波点灯方式が考えられるが前述したようにこの

方式は音響的共鳴現象があり、なんらかの対策が必要である。音響的共鳴現象に関してはこれを解決する方法がいくつか提案されており、¹⁶⁾ H I Dランプについても高周波点灯形が普及していくものと考えられる。

(5) 直流点灯形

超高圧水銀ランプ、超高圧Xeランプのようなショートアークランプや映写用に用いるメタルハライドランプではランプ寿命を長くしたり、フリッカを避けるために直流点灯が行われている。しかし直流点灯方式は安定器の変換効率が悪く、又ランプによっては発光効率の低下、色分離などが生じ一般用途にはあまり用いられていなかった。

しかし小形H I Dランプは電極間距離が短く、蒸気圧も比較的高いため直流点灯しても発光効率の低下、色分離などの問題が生じにくくランプによっては直流点灯が可能である。¹⁷⁾ 直流点灯形では直流を得るのに商用周波電源を全波又は倍電圧整流して直流を得る方法と、商用周波電源を整流しインバータで高周波電圧に一旦変換したのち直流に直す方法とがあるが、現在は小形軽量化、設計の自由度大などの理由で主に後者の方法が検討されている。

直流点灯形では整流回路での損失があるために高周波点灯形に比べてその分変換効率が低いが従来のリーケージタイプの安定器にくらべると、損失は少なく小形軽量になる。

商用電源で点灯した場合半サイクル毎にランプ電流の流れる向きが変わり、このため例えばランプの両電極に温度などのばらつきがあると、半サイクル毎に再点弧する時点が異なり、これによって光出力に商用周波と同じ周期を持った周波数成分があらわれちらつきの原因となることがある。直流点灯形ではランプ電流の流れる向きが一定のためこのような問題がなく、ちらつきは発生しない。このため屋内照明などの比較的高照度照明を行うところに向いている。

3. 2 最近の安定器電子化の動向

近年、特に昭和50年代後半より放電灯点灯回路の開発の方向は小型軽量化、省電力化および高出力化などを目的とした電子化の検討が主流となってきた。その傾向はここ数年も不変であり、より一層の、機能、性能の向上、用途拡大を目指して活発に研究開発が行われている。蛍光ランプの分野では高周波インバータの性能改良が継続して行われ、また安定器を内蔵した、いわゆる電子化電球形蛍光ランプ用の各種点灯回路が開発されている。H I Dランプの分野では、低ワットの高圧ナトリウムランプや、メタルハライドランプを白熱電球の代替として用いる方向にあり、各種点灯方式の試みが盛んになっている。

ここでは昭和58年度以降に発表された一般照明用電子回路式安定器で実用化されたもの、あるいは実用化検討中のものを中心に述べる。

3. 2. 1 一般照明用蛍光ランプ用安定器

(1) 半導体スタータ形

図3.1に半導体スタータ形の一例を示す。トライアックSとゲート回路で点灯判別回路を構成し、点灯中にスタータが動作しないようにしてある。ダイオードDと点灯判別回路とで予熱回路を構成し、電源投入と同時に予熱を行っている。直流電源制御回路、トランジスタQと抵抗器Rとでスイッチング回路を構成し、Qの開閉により、チョークコイルLに蓄積したエネルギーによるパルスが発生させている。このパルスの発生と予熱により、即時始動を可能にしている。制御回路に電圧検出回路A、電流検出回路とタイマ回路Aでスイッチング制御部を構成し、Qの駆動を充分に行い高電圧のパルスが発生し、実用周囲温度範囲に於ける省電力ランプの安定な始動を行っている。又、制御回路に電圧検出回路Bを設け、始動時のパルス発生を若干遅らせて点滅の繰返しを防止している。さらにタイマ回路Bを設け、一定時間後に予熱、パルスの発生を停止させてランプ自体が不点灯となったとき、スタータの作動を停止させる構成となっている。複雑化した諸制御機能をIC化して、信頼性の向上、灯具構成の単純化を計っている。¹⁸⁾

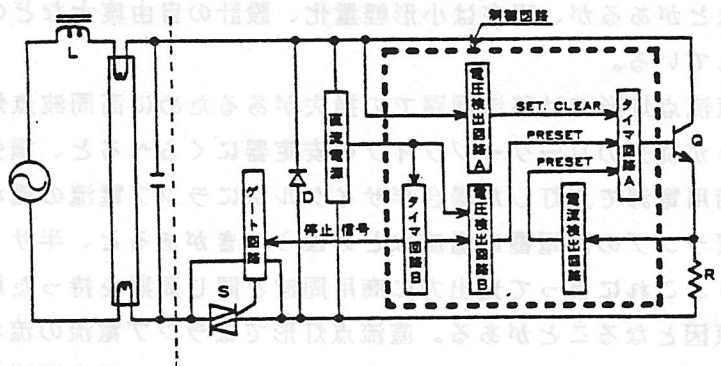


図3.1 半導体スタータ形回路

(2) 毎サイクル点弧形

図3.2に毎サイクル点弧回路の一例を示す。30W環状ランプを2灯直列接続し、主点灯回路、調光制御回路、予熱回路で構成したものである。主点灯回路はトリガ回路により電源周波数の毎半サイクルの初期にQ1を開閉して生ずるパルス電圧により点灯維持させている。調光制御回路は位相制御方式とし、Q2によってQ1の導通位相を遅らせてランプの放電時間を短くすることによって行っている。また、予熱回路は電源投入後一定時間、個々のランプに並列に接続された接点を閉じて予熱電流を流すものである。全光と調光の切替はSWの開閉により行なうことができる。30Wランプを直列2灯として、商用電源100Vで昇圧トランスを用いることなく点灯することができ、4灯用シャンデリアに応用した場合、約8%の消費電力の低減と約43%の重量低減ができる。表3.2に従来回路との比較を示す。灯具外観を図3.3、回路の外観を図3.4に示す。³⁾

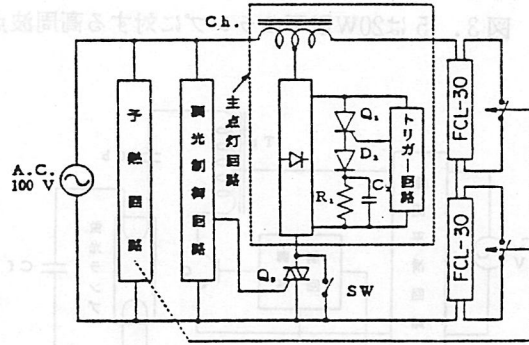


図3.2 毎サイクル点弧形回路

表3.2 毎サイクル点弧形と従来形の特性比較³⁾

	毎サイクル点灯回路	従来回路
電源電圧 (V)	100	100
入力電力 (W)	122	132
入力効率 (%)	84~92	58
調光度 (%)	60	—
始動時間 (秒)	1	2~5
重量 (kg)	1.05	1.85

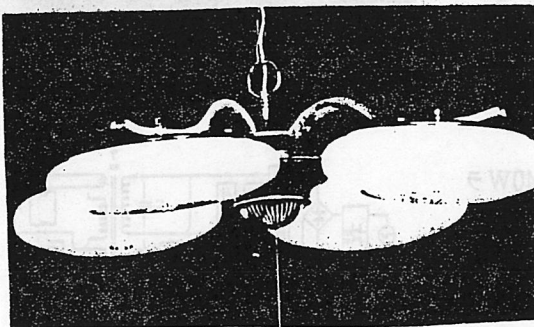


図3.3 毎サイクル点灯形灯具外観

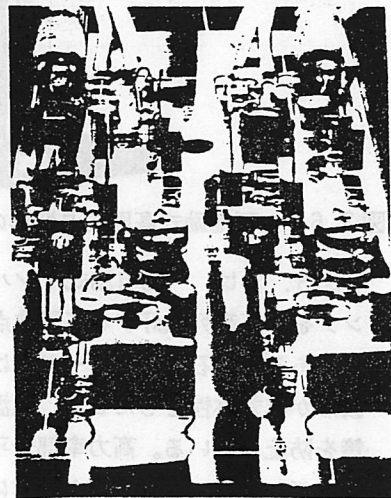


図3.4 毎サイクル点灯形回路外観

(3) 高周波点灯形

図3.5は20W以下のランプに対する高周波点灯回路の一例である。一石他励式インバ

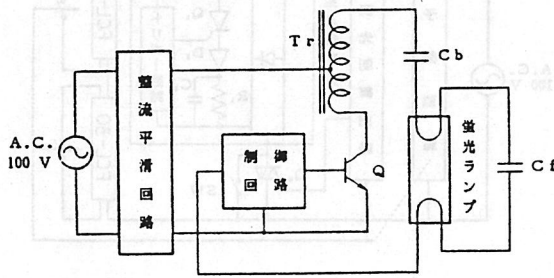


図3.5 一石他励式高周波点灯形

表3.3 一石他励式高周波点灯形と
チョーク式の特性比較

	新形電子安定器	チョーク安定器
入力電圧 V_1	100 V	100 V
入力電流 I_1	280 mA	350 mA
入力電力 W_1	16.7 W	23.0 W
ランプ電流 I_L	300 mA	350 mA
ランプ電力 W_L	15.0 W	18.0 W
回路損失 W_{loss}	1.7 W	5.0 W
回路効率 $\eta = W_L/W_1$	90 %	78 %

ータであり、出力トランス T_r はセンタタップ付チョークコイルである。制御回路の電源を T_r 、バラストコンデンサ C_b 、予熱コンデンサ C_f およびランプを介して得ているので、整流平滑回路から降圧して得るものよりも電力損失が低減する。またランプを取りはずすことにより制御回路が動作を停止するので、インタロック機能も併せもっている。従来品との特性比較を表3.3に示す。灯具外観を図3.6、回路の外観を図3.7に示す。¹⁰⁾

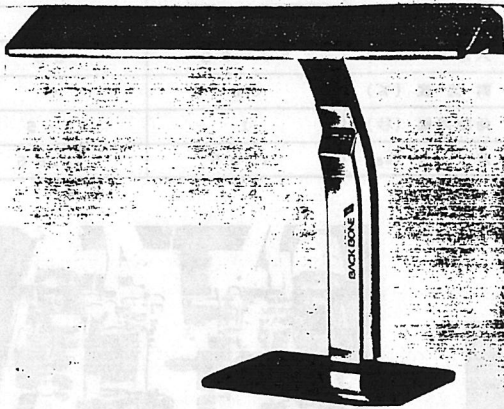


図3.6 一石他励式高周波点灯形の灯具外観

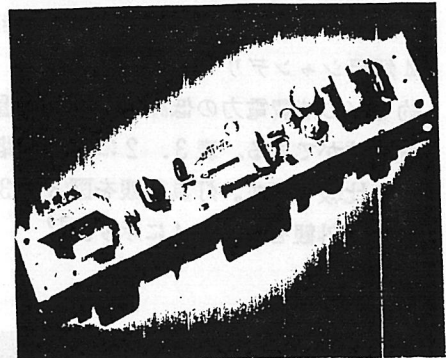


図3.7 一石他励式高周波点灯形の回路外観

図3.8は、一石自励式インバータで40Wランプを2灯直列点灯する高周波点灯回路の一例である。一石式インバータでは、ランプ電圧波形が非対称性をもたせて、低温時の移動綿対策を防止している。高力率部分平滑回路は主トランジスタのスイッチング動作により部分的に

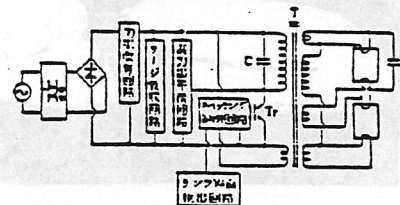


図3.8 一石自励式高周波点灯形

平滑する方法をとっており、ランプ電流に休止期間がなく、ランプ効率を向上させるとともに調光時に、電極の適正予熱を行っている。通常、一石自励式インバータは発振動作の安定性及びトランジスタのスイッチング特性が悪いが、これらを改良したスイッチング制御回路を用いているので、低温時や調光時に安定した発振を持続するとともに、スイッチング損失を通常の一石自励式のものと比較してほぼ50%以下としている。表3.4は電気特性を示す。安定器外観を図3.9に示す。

表3.4 一石自励式高周波点灯形灯の特性

電 気 特 性		
入力電圧	{V}	200
入力電流	{V}	0.39
入力電力	{V}	72
ランプ電流	{V}	0.34
点灯周波数	{KHz}	45
適合ランプ		FLR 40/36×2
寸法	{mm}	44×66×260
重量	{Kg}	0.37

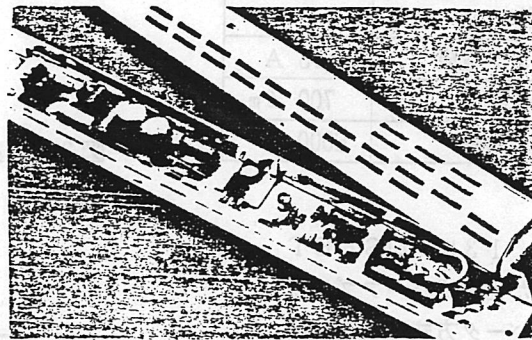


図3.9 一石自励式高周波点灯形灯の安定器の外観

図3.10は電球形蛍光ランプの6灯用高周波点灯形回路の一例を示す。3灯直列回路をバラサTを用いて並列点灯し、6灯一括点灯としている。電源投入後約1時間予熱したのち、3灯直列回路シーケンスインピーダンスZにより逐次点灯させるが、並列の2つのランプ群の予熱時間を、図3.11に示す如く時間差を設けて、始めの直列ランプ群が

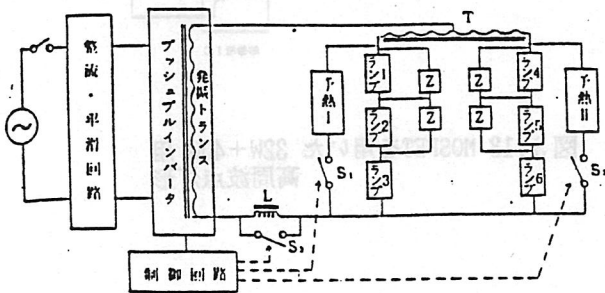


図3.10 6灯用高周波点灯形

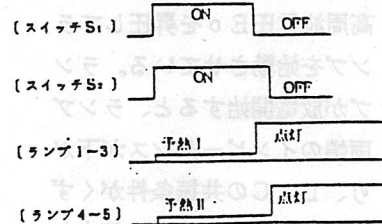


図3.11 6灯用高周波点灯形のスイッチタイミングチャート

始動したのち、バラクタTの昇圧効果により他方のランプ群を点灯させている。調光スタート時にはランプ電流が減り、バラクタTの昇圧効果が減少するため、制御回路でスイッチS3を一定時間閉じ、調光用チョークコイルLを短絡している。ランプはダブルアマルガム封入による蒸気圧規制方式の13W小型ランプを用いている。ランプの特性を表3.5、構造を図3.12に示す。⁹⁾

表3.5 ダブルアマルガム13W小型ランプの特性

外 径	78 mm
長 さ	130 mm
口金ピン部	G 10 q
定格ランプ電力	13 W
ランプ電流	0.3 A
全光束	700 ℓm
定格寿命	6000 hr

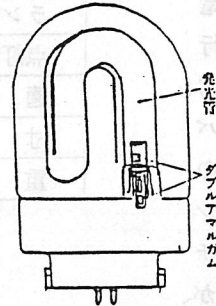


図3.12 ダブルアマルガム13W小型ランプ

図3.13はMOSFETを用いた他励式ハーフブリッジインバータ方式による高周波点灯形回路を示す。FCL32とFCL40を負荷とし、家庭用電源100Vを倍電圧整流して点灯維持電圧を得ている。駆動用ICの発振周波数を、コンデンサC3、C4、チョークコイルCh1、Ch2の直列共振回路条件に合わせて高周波電圧E_oを昇圧してランプを始動させている。ランプが放電開始すると、ランプ両端のインピーダンスが下がり、L、Cの共振条件がくずれ、L、Cの共振条件がくずれるために昇圧作用を停止し、所定のランプ電流で放電維持する。

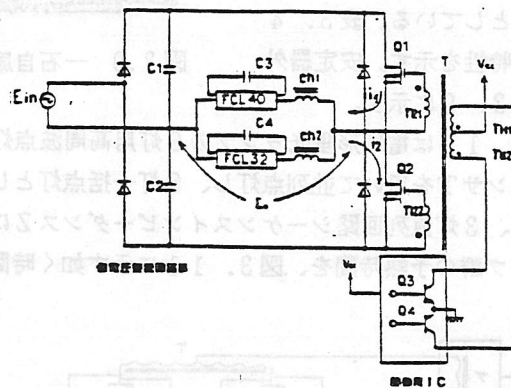


図3.13 MOSFETを用いた32W+40W用高周波点灯形

図3.14の回路はソフトスタート回路で、駆動用ICの発振周波数をRTに並列接続したCR時定数回路で変化させてランプ両端電圧を徐々に上昇させている。電気特性の比較を表3.6に示す。

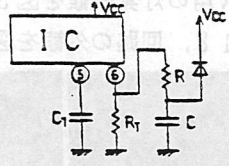


図3.14 ソフトスタート回路

表3.6 32W+40W 用の特性 ²⁰⁾

	新インバータ方式	従来方式 (32W+40W 器具)
入力電力 W (W)	91	96
ランプ電力 W (W)	78	78
回路効率 $\eta = W1/W$ (%)	86	81
安定器重量 (g)	250	1760

この回路を応用して図3.15に示す如くFCL30を4灯直並列とし、調光機能を持たせたものもある。電気特性を表3.7に示す。

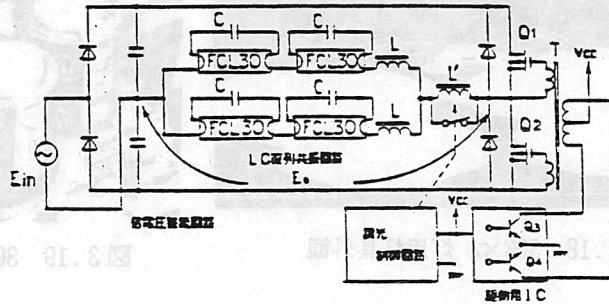


図3.15 MOSFETを用いた 30W×4 灯用
高周波点灯形回路

表3.7 30W×4 灯用の特性 ²¹⁾

	新インバータ方式	従来方式
入力電圧 V1 (V)	100	100
入力電流 I1 (A)	2.0	2.3
入力電力 W1 (W)	115	144
ランプ電流 I1 (A)	0.485	0.61
ランプ電力 W1 (W)	100	114
回路効率 $\eta = W1/W$ (%)	87	79
光束比 (%)	125	100
調光度 (%)	50	なし
安定器重量 (g)	375	1520

32W+40W用の灯具外観を図3. 16, 回路の外観を図3. 17, 30W 4灯用の灯具外観を図3. 18, 回路の外観を図3. 19に示す。^{20) 21)}

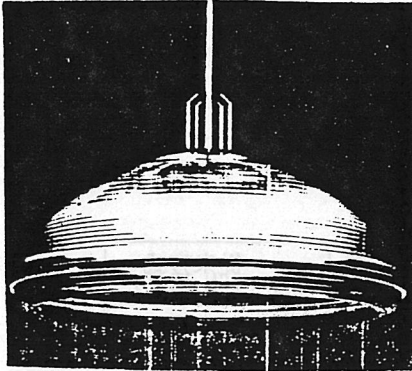


図3.16 32W+40W 用灯具外観

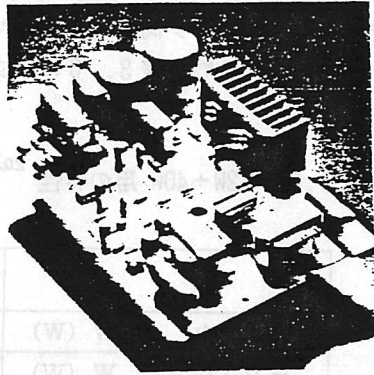


図3.17 32W+40W 用回路外観

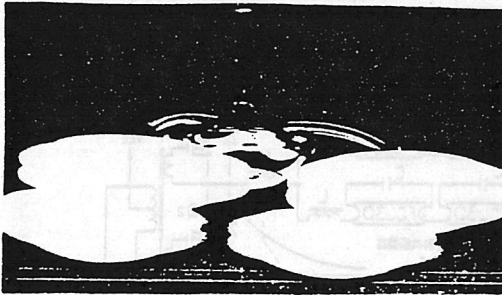


図3.18 30W×4 灯用灯具外観

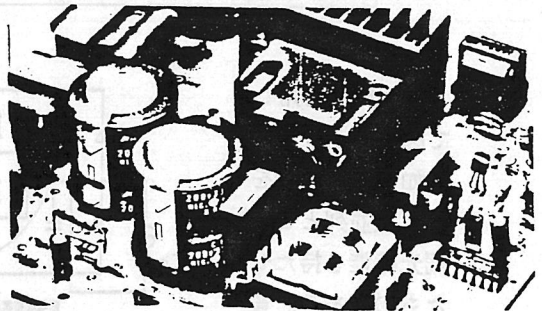


図3.19 30W×4 灯用回路外観

高周波点灯形回路の応用例としては、図3. 20に、街路灯、図3. 21に時計台の照明用に用いられているものを示す。いずれの回路も、屋間に太陽光を太陽電池で受け、蓄電池に充電し、夜間に高周波点灯装置を介してランプを点灯している。太陽電池からの限られたエネルギーを有効に利用するため、高周波点灯形回路を用いて効率の改善を計っている。^{11) 12)}

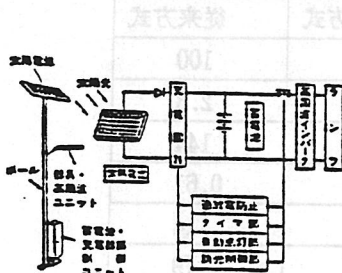


図3.20 太陽電池式街路灯の構成

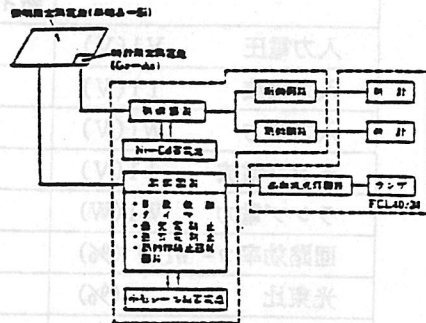


図3.21 太陽電池式時計台の構成

(4) 電球形蛍光ランプ内蔵用高周波点灯形

電球形蛍光ランプは、より軽量化、高効率化とするため、電子回路式安定器が内蔵されるようになってきた。

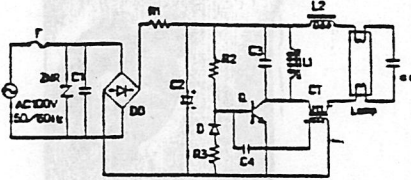


図 3.22 一石自励式高周波点灯形 (負荷電流帰還方式)

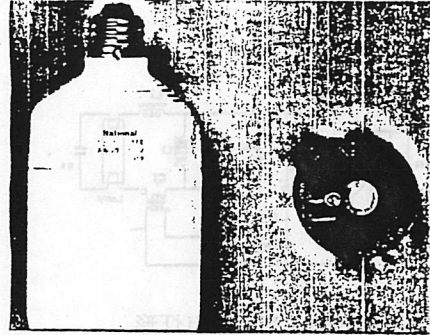


図 3.23 負荷電流帰還方式電球形蛍光ランプ 外觀及び回路外觀

図 3.22 は一石自励式インバータで変流器 CT を用いた負荷電流帰還方式である。トランジスタのターンオフ時の逆ベース電流が大きく、回路効率を 90% 程度としている。チョークコイル L2 と予熱コンデンサ C1 とで共振させ始動時二次電圧を高くとり始動を容易にするとともにフィラメント断線時の保護も兼ねている。ランプ外觀及び回路の外觀を図 3.23 に示す。⁶⁾

図 3.24 は同じく一石自励式インバータで、双方向 2 端子サイリスタ SSS およびダイオード D4, D5 により半サイクル予熱を行ない、トランス L1 の巻上げと限流チョーク L2 に始動巻線を設けて始動時間を短縮している。チョークコイル L3 と抵抗器 R3 の並列回路をベース回路に配してリング電流を抑え、かつ、コレクタ電流の立下がり時間を短縮し損失を少なくしている。フィラメント断線時はスタータが作動しない様にしてある。ランプ内部を図 3.25 に示す。右側が電子化したもの、左が従来の銅鉄型のものである。⁷⁾

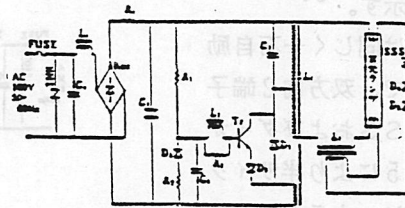
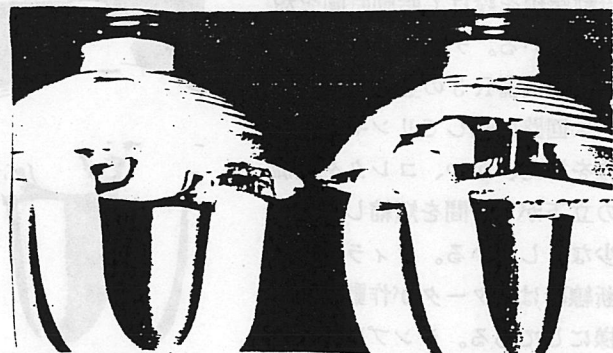


図 3.24 一石自励式高周波点灯形 (パルススタート方式)



磁気回路式 一石自励式高周波点灯形 (パルススタート方式)

図 3.25 電球形蛍光ランプ内部

(4) 電球形蛍光ランプ内蔵用高周波点灯形

電球形蛍光ランプは、より軽量化、高効率化とするため、電子回路式安定器が内蔵されるようになってきた。

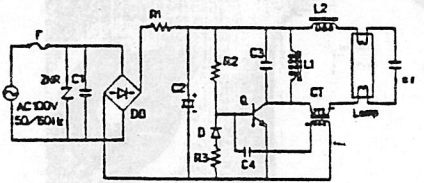


図 3.22 一石自励式高周波点灯形 (負荷電流帰還方式)

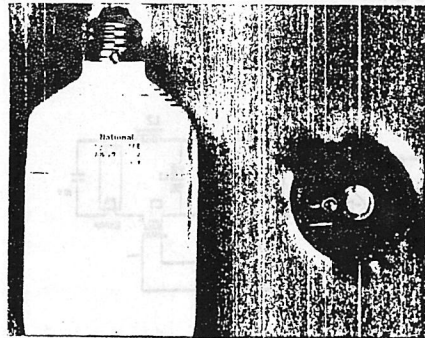


図 3.23 負荷電流帰還方式電球形蛍光ランプ 外観及び回路外観

図 3.22 は一石自励式インバータで変流器 CT を用いた負荷電流帰還方式である。トランジスタのターンオフ時の逆ベース電流が大きく、回路効率を 90% 程度としている。チョークコイル L2 と予熱コンデンサ C1 とで共振させ始動時二次電圧を高くとり始動を容易にするとともにフィラメント断線時の保護も兼ねている。ランプ外観及び回路の外観を図 3.23 に示す。⁶⁾

図 3.24 は同じく一石自励式インバータで、双方向 2 端子サイリスタ SSS およびダイオード D4, D5 により半サイクル予熱を行ない、トランス L1 の巻上げと限流チョーク L2 に始動巻線を設けて始動時間を短縮している。チョークコイル L3 と抵抗器 R3 の並列回路をベース回路に配してリング電流を抑え、かつ、コレクタ電流の立下がり時間を短縮し損失を少なくしている。フィラメント断線時はスタータが作動しない様にしてある。ランプ内部を図 3.25 に示す。右側が電子化したもの、左が従来の銅鉄型のものである。⁷⁾

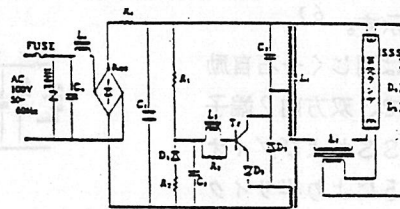
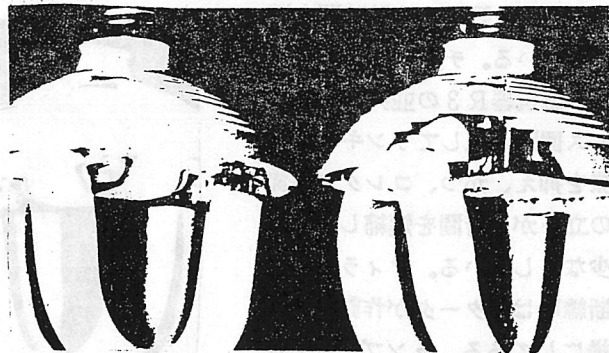


図 3.24 一石自励式高周波点灯形 (パルススタート方式)



磁気回路式 一石自励式高周波点灯形 (パルススタート方式)

図 3.25 電球形蛍光ランプ内部

図3. 26は電力損失の少ない定電流形プッシュプルインバータを用いている。回路効率は90%程度となっている。ランプ外観及び回路の外観を図3. 27に示す。²²⁾

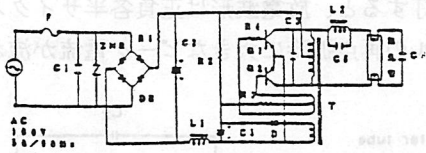
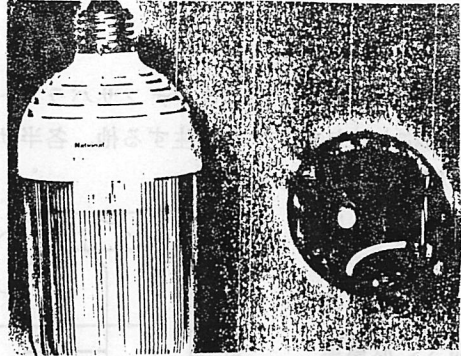


図3.26 プッシュプル式高周波点灯形



・ 図3.27 プッシュプル式電球形蛍光ランプの外観及び回路外観

図3. 28は負荷電流帰還形一石自励式インバータを基本として直流重畳方式である。

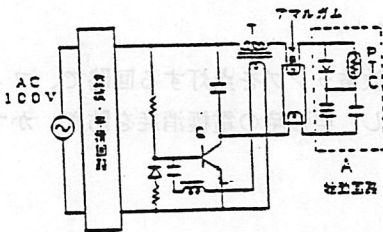


図3.28 一石自励式高周波点灯形
(直流重畳方式)

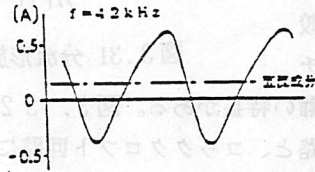


図3.29 ランプ電流波形

ランプ電流波形は直流成分が重畳された非対称波形となり、カタホルシス現象を生じるのを防ぐため、陽極側にアマルガムを設けている。ランプ電流波形を図3. 29に示す。ランプ外観及び回路の外観を図3. 30に示す。⁸⁾

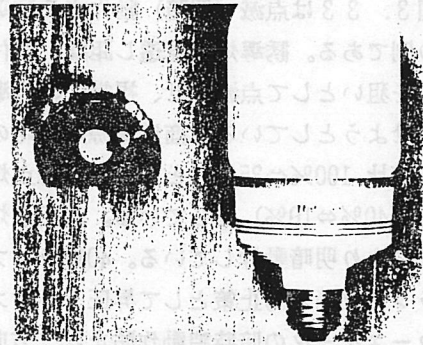


図3.30 直流重畳方式電球形蛍光ランプの外観及び回路外観

電球形ランプはいずれも点灯回路とランプが一体化されており、各々、専用の設計となるため点灯回路とランプが相互に最適条件を満たすことができ、ランプ交換時の保護回路は不要であるため回路構成が簡単になり、トランスも単巻式が利用できる。点灯回路、ランプともに同一グローブ内に收容し、相互の発熱が影響しあうため、部品配置、耐熱性

能、およびランプの高温特性など、回路図上に現われない部分での考慮がはらわれている。

(5) その他

コンデンサバラスト形

一般的に蛍光ランプはコンデンサバラストで点灯すると、放電波形は正負各半サイクルで非対称となりチラツキを生ずる他、各半サイクルの再点弧時に大きなピーク電流が流れて電極の消耗が激しい。

図3.31に示す分流形放電ランプは放電長が短く、放電電圧に占める電極降下電圧の比が約50%と、通常の蛍光ランプの30%以下と比較して大きく、チ

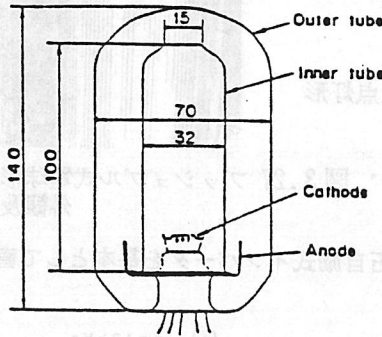


図3.31 分流形放電ランプ

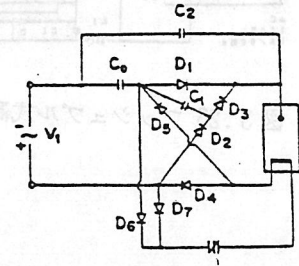


図3.32 分流形放電ランプ点灯回路

ラツキを生じ難い特長がある。図3.32は分流形放電ランプを点灯する回路で、フィラメント予熱回路と、コッククロフト回路により点弧し、点弧時の電極消耗を防ぎ、かつ、放電期間の電流を保持している。²³⁾

3.2.2 非常灯、誘導灯用蛍光ランプ点灯回路

図3.33は点滅（明暗）動作する誘導灯点灯回路の例である。誘導灯の見透し距離、気付き易さの向上を狙いとして点滅させ、視覚的に誘導機能を向上させようとしている。商用電源点灯時の明暗変化（光束比 100%⇔35%）と非常用電源点灯時の明暗変化（40%⇔10%）としている。商用点灯時は位相制御により明暗動作している。40Wランプでは暗時のランプ立消え防止策として昇圧トランスを用いて暗時ランプ電圧の上昇を補償している。

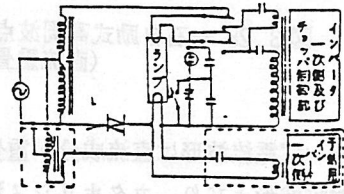


図3.33 点滅動作する誘導灯

グロースタータの暗時誤動作防止は二方向性2端子スイッチ素子により、グロースタータの両端電圧を低減させている。非常用電源時は、インバータ一次側のスイッチングトランジスタを 250Hz のチョッパ周波数でデューティ制御している。暗時のランプ寿命低下を改善するのに、明暗動作による蓄電池の余力を利用して、予熱のインバータを別に設けている。²⁴⁾

3. 2. 3 一般照明用H I Dランプ用安定器

(1)半導体イグナイタ形

本方式の安定器は始動に高いパルス電圧を必要とする高圧ナトリウムランプやメタルハライドランプに使用されるが、水銀灯安定器直結形のランプの使用拡大に伴い、一般照明用としては減少傾向にある。最近の回路上の目立った進展はないが、図 3.34 は半導体イグナイタ形安定器を瞬時再点灯形水銀ランプ用に適用したもので、表 3.8にその定格を示す。²⁵⁾ 電源がオフあるいは瞬時電圧低下でランプが一旦消灯しても、電源が復帰すれば瞬時に再始動できるように6000V 以上のパルス電圧を発生する回路となっており、ランプは高圧パルスに耐えるように特殊な構造となっている。図 3.34 と基本的には同じ回路で150W高圧ナトリウムランプの瞬時再点灯形安定器も開発されている。この場合ランプは特殊な構造にする必要はなく一般形のランプがそのまま使えるのが特長である。

表 3.8 瞬時再点灯形水銀ランプ用安定器定格

項目	形式	普通高力串形		
		SHZ-4- $\frac{A}{B}$ 200	SHZ-7- $\frac{A}{B}$ 200	SHZ-10- $\frac{A}{B}$ 200
特 性	定格入力電圧 [V]	200	200	200
	始動時入力電流 [A]	4.7	7.6	10.5
	入力電流 [A]	2.4	4.0	5.8
	入力電力 [W]	429	745	1055
	力率 [%]	90	90	90
	二次短絡電流 [A]	6.0	10	13.5
	ランプ電流 [A]	3.3	5.9	8.3
	ランプ電圧 [V]	130	130	130
	適合ランプ [W]	400	700	1000
	寸 法	ケース径(横×横) [mm]	110×130	110×130
ケース全長 [mm]		380	400	380
取付寸法 [mm]		417	437	180×230
全長 [mm]		450	470	—
重量 [kg]		8.5	10.2	18

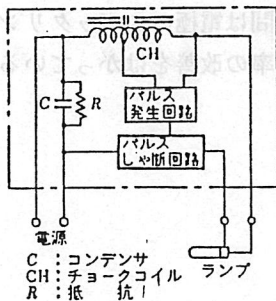


図 3.34 瞬時再点灯形安定器の基本回路

図3.35は米国で検討された100Wメタルハライドランプ用イグナイタ回路である。²⁶⁾ L1は安定器のインダクタンス、T1はパルストランス、L2は可飽和リアクトルでコンデンサC1の充電電圧が双方向性サイリスタCR1のブレークオーバー電圧に達したときにC1-W1-L2-CR1の閉回路が直列共振回路となり高周波パルス電流が流れてT1の昇圧作用によりランプに高い電圧が印加される。PTC1は正特性サーミスタでランプが不点となったときに抵抗値が上昇して回路の動作が停止する。パルス電圧は最大波高値4000V、40kHzの高周波で電源の各半サイクルに重畳するようになっている。出力波形の一例を図3.36に示す。パルスエネルギーは8Wと大きく、ランプ始動時にグローからアークへの転移を確実にしており、安定器が遅相形、進相形にかかわらず使用できるのが特徴である。

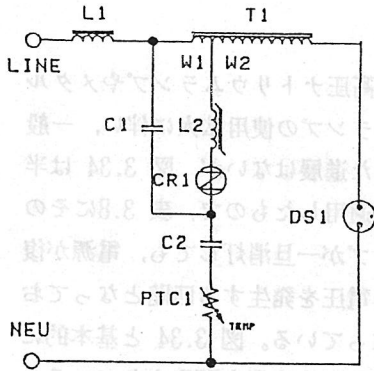


図3.35 回路図

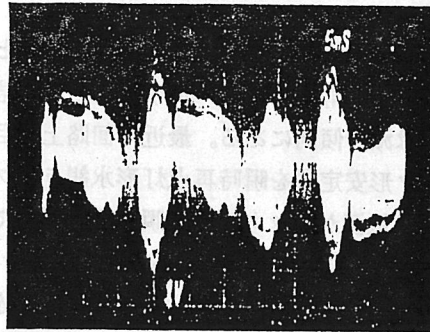


図3.36 出力波形

(2) 毎サイクル点弧形

本方式の安定器は既に85W高圧ナトリウムランプ用で実用化されているが、図3.37は40Wメタルハライドランプ用として検討された回路である。²⁷⁾メタルハライドランプを毎サイクル点弧形安定器で点灯する場合、半サイクル毎にグローからアーク放電への転移を速やかに行う必要があり、始動補助回路を付加し十分なグロー電流を流すことにより転移を容易にしている。また毎半サイクル毎の点灯休止期間は電極のスパッタリングに影響するため、休止期間を適切にすることにより光束維持率の改善をはかっている。

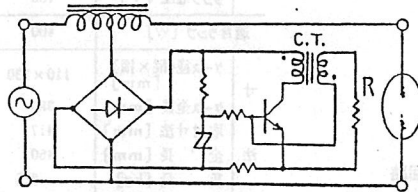


図 3.37 点灯回路

(3) 位相制御形

水銀ランプや高圧パルスを必要としないメタルハライドランプ用でランプ電力を定電力とする位相制御形安定器は既に実用化されているが、最近高演色形50W高圧ナトリウムランプ用安定器が実用化された。²⁸⁾ 図3.38は基本回路構成でパルス発生回路Aにより始動させる。図3.39, 図3.40に示すように定常点灯時にはランプ電圧の状態によってサイリスタ点弧位相角を制御してランプ電流を増減し、ランプ電圧の変化を抑制する。このため点灯時の色温度のばらつきを従来の磁気回路式安定器の約1/3に抑えることが可能となった。

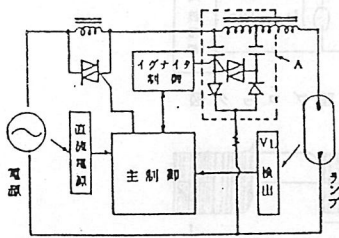


図3.38 基本構成

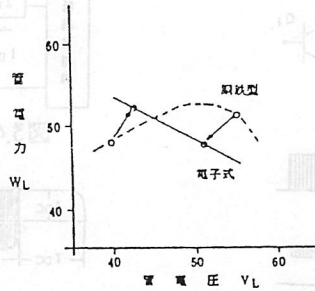


図3.39 V_L - W_L 特性

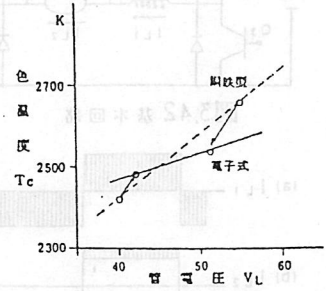


図3.40 V_L - T_c 特性

(4)高周波点灯形

高周波点灯形は点灯装置の小形軽量化に最も効果的な方法であるが、HIDランプでは音響的共鳴現象が発生するという問題があり蛍光ランプのような比較的簡単な回路では実用化が難しい。このため音響的共鳴現象を回避するための種々の回路が提案され、一部は実用化されている。

図3.41は75Wメタルハライドランプについて①正弦波、②第三次高調波重畳、③周波数変調、④矩形波の各点灯方式について検討された結果である。²⁹⁾ 正弦波方式では安定領域は狭く個々のランプのばらつきを考慮すると実用的ではない。第三次高調波重畳では100kHz程度以上で安定である。周波数変調方式では安定点灯のための変調度が周波数、ランプのばらつきにより異なり実用は難しい。矩形波点灯方式ではリップルの量と周波数を選べば安定領域は広い等のことが明らかとなった。

④に関し図3.42に示す回路を使用したものが最近実用化された。³⁰⁾ スwitchングトランジスタQ1~Q4でブリッジ回路構成とし、Q3とQ4は交互にオン、オフを繰返し、Q1はQ4がオンの時高周波スイッチングし、Q2はQ3がオンの時高周波スイッチングする。図3.43に示すようにIL1の高周波成分はコンデンサCによりバイパスされ、ランプ電流IL2は高周波成分を重畳した矩形波電流となる。75Wメタルハライドランプを負荷としQ1、Q2の発振周波数を約40kHzに設定すると $L \approx 0.1$ mH、 $C \approx 0.1$ μ Fで安定に点灯し大中に小型軽量化が達成された。

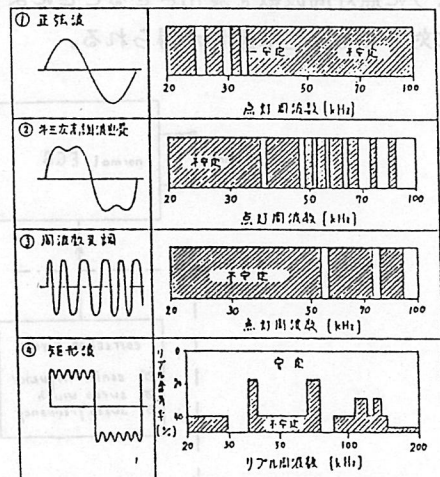


図3.41 各種点灯方式による安定領域

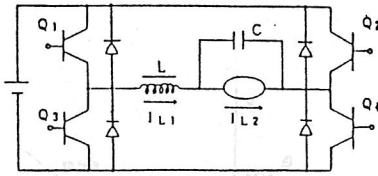


図3.42 基本回路

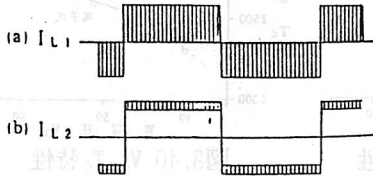


図3.43 電流波形

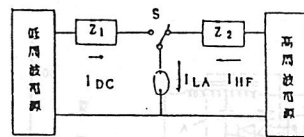


図3.44 原理ブロック図

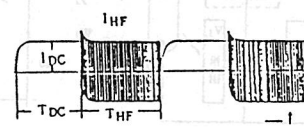


図3.45 I_LA 波形

図3.44は共鳴の存在しない低周波に高周波を時分割で印加する方式の原理図で、ランプ電流の高周波成分の含有と安定性の関係を実験により求めている。³¹⁾ スイッチSが周期的に動作してランプには2つの異なる周波数の電圧が印加され点灯を維持する。低周波電源として直流および1kHz、高周波電源は40kHzを使用する。図3.45は直流を用いたときのランプ電流波形の一例で、 $K = T_{HF} / T_{DC}$ とすれば $T < 2$ の条件のときアークが安定、また I_{DC} を高めると K の値をより大きくできることが分かった。1kHzの場合では $K < 0.7$ で安定であった。

図3.46は西独で検討された70Wメタルハライドランプの高周波点灯回路のブロック図で、³²⁾ 音響的共鳴現象を回避するためにオートトラッキング方式といわれる回路を採用している。ランプの発光効率が最も高くなる20~25kHzで点灯し、アークが不安定になるとランプ電圧が変化することを利用して、ランプ電圧の変化分を検知し電圧制御掃引発振器により不安定の度合に応じて周波数を100Hz~2kHzの間で変動させる。このように点灯周波数を変化させることによりランプの製造ロットやランプ特性のバラツキに対しても安定な動作が得られる。

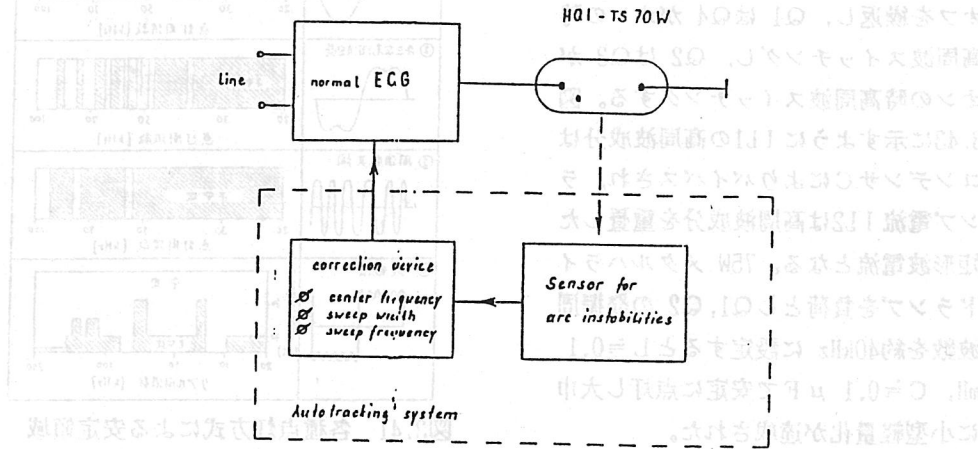


図 3.46 ブロック図—オートトラッキング方式

(5)直流点灯形

小形H I Dランプを高周波で点灯した時の音響的共鳴現象をさけるのを主な目的としていくつかの直流点灯回路が試みられている。³³⁾ 図3.47は米国で検討された低ワットメタルハライドランプの点灯回路でランプに内蔵する構造になっている。商用電源を全波整流して直流点灯し、安定素子として白熱フィラメントを使用している。始動時、再始動時には高周波の高電圧を発生し電源電圧の低下に対し立ち消えしにくくなっている。またランプ電流の波高率が商用点灯より低いためランプ寿命が長くなるとしている。回路効率は約60%とやや低い。

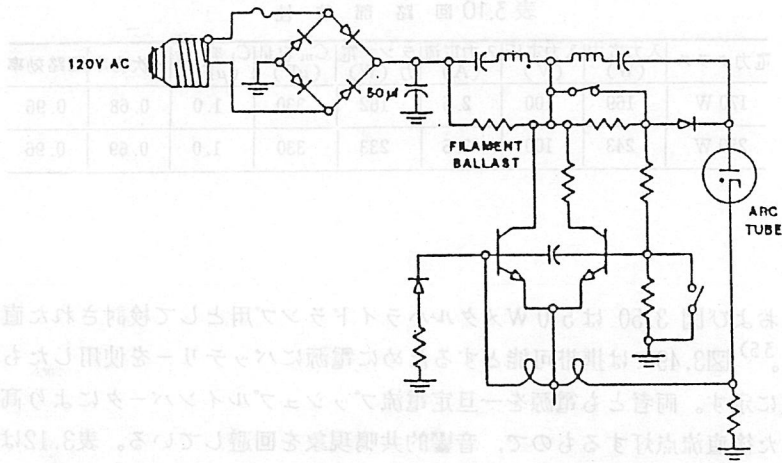


図 3.47 低ワットメタルハライドランプ直流点灯回路

図 3.48 は安定器内蔵形水銀ランプの効率を高めるために検討された回路で、始動時には倍電圧整流により電源の倍電圧を発生して点灯し、平常点灯時には全波整流して直流点灯している。³⁴⁾ C_m の容量をある程度大きくすることによって発光管電圧を高くでき、効率を従来の約2倍に改善している。表3.9 にランプ特性、表3.10に回路特性を示す。

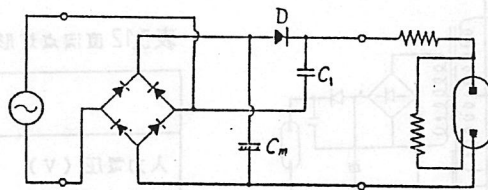


図3.48 安定器内蔵形水銀ランプの高効率点灯回路

表 3.9 ランプ部特性

電カクラス	ランプ電カ (W)	発光電カ (W)	発光電カ比	発光管電圧 (V)	立ち消え電カ (V)	全光束 (lm)	ランプ効カ (lm/W)	総合効カ (lm/W)
170 W	162	107	0.66	82	84	3,700	22.8	21.9
250 W	233	170	0.73	85	86	7,700	33.0	31.7

表 3.10 回路部特性

電カクラス	入力電カ (W)	入力電圧 (V)	入力電カ (A)	ランプ電カ (W)	C_m 容値 (μF)	C_1 容値 (μF)	一次効カ	回路効カ
170 W	169	100	2.5	162	330	1.0	0.68	0.96
250 W	243	100	3.5	233	330	1.0	0.69	0.96

図 3.49 および図 3.50 は 50 W メタルハライドランプ用として検討された直流点灯回路である。³⁵⁾ 図 3.49 では携帯可能とするために電源にバッテリーを使用したもので特性を表 3.11 に示す。両者とも電源を一旦定電流プッシュプルインバータにより高周波電圧に変換した後直流点灯するもので、音響的共鳴現象を回避している。表 3.12 は図 3.50 の回路の特性で従来の磁気回路式安定器と比較して変換効率が約 10% 改善されている。³⁶⁾

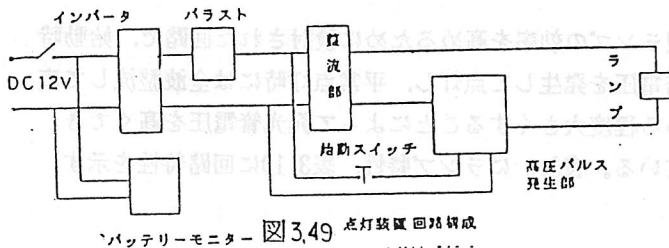


表 3.11 特性

入力電圧 E	12 V
入力電流 I	5.03 A
入力電カ M_i	60.4 W
ランプ電カ M_l	50.0 W
全光束 F	2600 lm
ランプ効カ F/M_l	52 lm/W
回路効カ F/M_i	83%
総合効カ F/M_i	43 lm/W

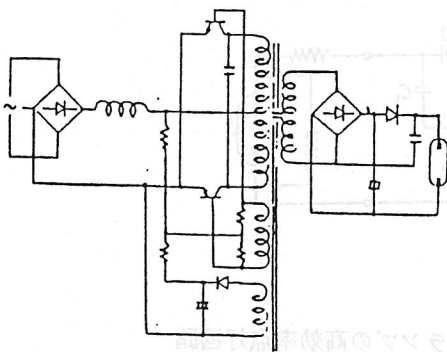


図 3.50 定電流プッシュプルインバータを用いた直流点灯形安定器回路図

表 3.12 直流点灯形及び磁気回路式安定器の特性

	直流点灯形	磁気回路式
入力電圧 (V)	100	100
入力電流 (I)	1.03	1.50
入力電カ (W)	60.8	67.5
ランプ電カ (W)	50.0	50.0
変換効カ (%)	82.2	74.1

3. 3 引用文献

- 1) 野村、藤井、矢島、水尾：220W超高出力けい光ランプとハイブリッド電子安定器、東芝レビュー 27-9 (昭47) 822~825
- 2) 神原、金田：放電灯の毎サイクル点灯方式の提案、第一編 安定器の小型の理論、新日本電気技報 11-16 (昭51) 19~36
- 3) 小松、赤塚、小山、加藤：蛍光灯多灯用毎サイクル点灯回路の開発、照学全大 (昭59) 24
- 4) 矢島、小田部、青池、湯原、乾：省電力形電子安定器スーパーバラスト新シリーズ、東芝レビュー 34-7 (昭54) 585~588
- 5) 大江、井出、小野寺、伊藤：けい光ランプ用2線式連続調光電子安定器、照学全大 (昭56) 45
- 6) 吉川、能見、今井：電子安定器を使用した高光束(1000lm)電球形蛍光灯、照学全大 (昭60) 19
- 7) 橋間、松野下、青池：電球形電子化蛍光ランプ電子ネオボール、東芝レビュー 39-3 (昭59) 196~199
- 8) 今井、吉川、能見：直流重畳形電子安定器を使用した電球形蛍光灯、照学全大 (昭61) 17
- 9) 石井、西野、迫：コンパクト蛍光灯用高周波点灯装置の開発、照学全大 (昭60) 25
- 10) 中川、熊田、赤塚、小山：小型蛍光ランプ用電子安定器の開発、照学全大 (昭59) 25
- 11) 内橋、片岡、塩見、高橋：太陽電池式街路灯ソーラーライトの開発、松下電工技報 29 (昭59) 27
- 12) 小田部、乾、横山：太陽電池照明装置ソーランド、東芝レビュー 39-3 (昭59) 211
- 13) 照学誌 68-7 (昭59) 322

- 14) 井山, 小松: 小出力高圧ナトリウムランプのハイブリッド安定器による点灯,
照学全大 (昭57) 48
- 15) 西村, 永瀬, 塩見: 高演色性小型高圧ナトリウム灯用電子安定器, 電気関係学会関
西支部連大 (昭58) G14-3
- 16) 越村, 青池, 小林, 野村: H I Dランプの高周波点灯における放電安定化方法, 照
学誌 (昭58) 55~61
- 17) 矢橋, 水野, 石川: 高圧ナトリウムランプの直流点灯特性, 照学全大 (昭60) 44
- 18) 小沢, 小山, 伊藤, 能見: 多機能化蛍光灯用電子スタータ,
照学全大 (昭58), 23
- 19) 仲矢, 青池: 自励一石式トランジスタインバータによる連続調光用蛍光灯
電子安定器, 照学全大 (昭60), 24
- 20) 赤塚, 小松, 小山: ハーフブリッジ式 I Cインバータの開発,
照学全大 (昭61), 23
- 21) 赤塚, 小松, 小山: 蛍光灯多灯用調光式 I Cインバータの開発,
照学全大 (昭61), 24
- 22) 能見: 電球形蛍光ランプの電子化について, 照学光の発生・関連システ
ム研究会 L S-85-15 (昭60-11)
- 23) 渡辺: 小形蛍光ランプ用コンデンサバラスト, 照学光源システム研究委
員会 L S-82-24 (昭57-10)
- 24) 曾我, 岩佐, 片柳: 点滅式誘導灯用点滅装置の開発,
照学全大 (昭58), 24

- 2 5) 国友：高圧放電ランプと影響・対策，OHM, 6 (昭58) 33~36
- 2 6) J.N.Lester and S.Cohen: The RF Starter and Its Application to Miniature Metal Halide Lamps, J.Illum.Engng.Soc.,15-2 (1986) 31~40
- 2 7) 越村，清水：40W メタルハライドランプの毎サイクル点灯方式，照学全大 (昭59) 50
- 2 8) 塩見，西村，永瀬，水野：高演色性小型高圧ナトリウム灯用電子安定器の開発，照学全大 (昭59) 51
及び西村，永瀬，塩見，水野：演色本位形高圧ナトリウム灯用電子安定器，松下電工技報，31 (昭60) 7 ~11
- 2 9) 清水，仲矢，乾：小形メタルハライドランプの高周波点灯における放電安定性，照学全大 (昭61) 30
- 3 0) 内橋，西村，永瀬，塩見：HID ランプ用電子安定器の開発，電気関係学会関西支部連大 (昭61) G361
- 3 1) 永瀬，西村，内橋，塩見：HID ランプの高周波点灯による放電の安定化 時分割印加方式について，照学全大 (昭61) 39
- 3 2) F.Bernits : An Autotracking System for Stable H.F.Operation of HID Lamps ,4th International Symposium on the Science and Technology of Light Sources ,Karlsruhe (1986)
- 3 3) J.M.Davenport and R.L.Hansler : Direct Current Operation of Low Wattage Metal Halide Lamps,J.Illum.Engng.Soc.,14-1 (1984) 274 ~282
- 3 4) 下垣，越智，棚木：安定器内蔵形水銀ランプの高効率化，照学誌,68-6 (昭59) 271 ~276
- 3 5) 腰原，越智：携帯可能な高出力照明装置，照学全大 (昭59) 36
- 3 6) 腰原，棚木，小佐々：HID ランプ用安定器の電子化，照学光の発生・関連システム研究会LS-85-18 (昭60)

第4章 電子化に適合するランプ開発の動向

4. 1 一般照明用ランプの電子化安定器への適合化

4. 1. 1 蛍光ランプ

蛍光ランプを高周波で点灯するとランプ効率が向上し、回路損失の減少により、総合効率が大幅に向上することから、多くの研究開発がなされてきた。現在、技術的課題については実用上の問題はほぼ解決されていると考えられている。

しかしながら、蛍光ランプと電子化安定器のマッチングをはかるための標準安定器はJISにもIECにも決められていない。従って安定器メーカーは容易に入手できるランプとの組合せでマッチング試験を行い、製品化しているのが現状である。

現在、IECでは『交流電源用電子安定器』の規格案が審議中であり、数年後には規格化される見込みである。この規格案では、安定器を設計するための各種特性値が規定され、これに従って電子安定器を設計すればIEC規格に合致した蛍光ランプとの組合せでマッチングの問題は起らない。

日本においても標準安定器の欠如が指摘されており、ランプメーカー、安定器メーカー合同で規格化の検討が開始されており、早期規格化が期待されている。

一方、ランプ特性面では、大部分の省電力を目的とした蛍光ランプは封入ガスとして、クリプトン混合ガスを使用していたため、高周波点灯時に始動電圧が上昇した。最近では技術の進歩により、家庭用の需要が主体である環形蛍光ランプはアルゴンガス封入のものに統一されたため、始動特性は従来的一般形とほぼ同等となり改善された。

また、FL20SS/18についても封入ガスノアルゴン化が進み、アルゴンガス封入タイプに統一見込みであり、始動特性の改善が期待される。

業務用を主体とする40ワット形、110ワット形の省電力を目的とした蛍光ランプは従来通りクリプトン混合ガスが使用される見込みであり、始動特性について注意が必要である。

4. 1. 2 高圧放電ランプ

高圧放電ランプにおいても、蛍光ランプとまったく同様であるが、高圧放電ランプでは蛍光ランプ程ランプと電子安定器の規格化は進んでいない。現状では従来ランプに各社各様の電子点灯回路を設計中であり、1~2製品化されているにすぎない。

電子点灯回路に合致したランプ設計の例は、高圧ナトリウムランプを毎サイクル点弧方式により点灯する方式のものでみられる。¹⁾これは基本的には従来の商用周波設計と同様で、ランプ電圧を毎サイクル点弧方式にマッチングさせてある。したがって、商用周波標準安定器で点灯可能である。

4. 2 電子化安定器専用ランプの動向

4. 2. 1 蛍光ランプ

高周波点灯専用ランプと専用電子化安定器の組合せによる蛍光ランプの高周波点灯は、高周波の出力部を標準化すれば電源の電圧、周波数に関係なく、全世界的な標準化が可能であり、蛍光ランプの標準化の一つの大きなテーマである。

また、専用ランプを使用した高周波点灯による高効率化と、高効率稀土類3波長形蛍光体の組合せによって蛍光灯の効率が100lm/Wを達成しており、蛍光灯の高効率化の有力な手段である。

管径26mmの専用ランプによる高周波点灯は昭和58年オランダよりIECに提案され、その後一部実用化されている。点灯方式は予熱始動形である。

これに対して西ドイツから、現行の26mmランプと電子バラストで瞬時点灯される方式が提案された。この方式ではランプの早期黒化、短寿命が懸念されたが、電極間距離の短い20ワットサイズで問題が起るが40ワットサイズ以上では問題ないと言われている。

最近、U. S. Aより管径38mmの高周波点灯専用ランプが発売され、組合せる電子化安定器の種類により、ランプ電力を28Wか40Wで使用できる。ランプ効率は管径26mmランプと比較して若干劣る。

日本では、昭和57年頃より高周波点灯専用の管径26mmの3波長形蛍光ランプとの組合せでされ、ランプ電力28W、システム電力30Wで100lm/Wが達成されることが報告されている。実用化は主としてコスト面の理由で実現していない。

高周波店頭用蛍光ランプの規格化については、現在IEC PRESCOパネルで討議中であり、現在実用化中のオランダ、西ドイツ、U. S. Aのランプが規格化される見込みである。

4. 2. 2 高圧放電ランプ

電子点灯専用のHIDランプの開発は現在各メーカーとも研究段階にあり、現段階ではテスト販売されたものが1例ある。このランプは35Wメタルハライドランプを直流点灯するものであり、それに対応して電極構造が直流点灯専用となっている。²⁾従って逆極性、或いは交流点灯をすると短寿命になる可能性が強い。

HIDランプは従来の立上りに多少の時間を要する。このため、発光管温度が急速に上昇する様な瞬時点灯、再起動を目的とした回路構成、発光管構造のものが発表された。³⁾やはり、直流点灯とし、電極構造が非対称となっている。また高電圧パルスのリークを防止するため両口金にしたものもある。

高周波点灯すると音響共鳴不安定が発生するが、これを防止するために電極の後部発光管端をあたかも無響端のようなホーン状にすることも検討されている。⁴⁾

電子点灯と言い得るかどうかは別として、H I Dランプのマイクロ波による無電極点灯は専用化された典型である。⁵⁾電力も急速に投入できる利点がある。

このように電子化安定器専用H I Dランプの開発は、緒についたばかりであり、電子化点灯の長所を伸ばし、欠点を対策した専用ランプは今後点灯回路の電子化傾向が強まるにともなって、実用化されてくるものと考えられる。

参考文献

1) 井山博之, 小山敦夫, 赤塚美津雄, 小松春樹

小出力高圧ナトリウムランプの毎サイクル点弧形電子安定器による点灯
照学誌 67-6 (昭58) 266

2) Davenport J.M, Hansler R.L ; Direct current operation of low wattage metal halide lamps J. of IES 14-1 (1984) 274

3) INOUE A, HONDA K ; Instant Start Miniature Metal Halide Lamp
4th International Symposium on the Science and Technology of Light Sources, Karlsruhe (1986)

4) 岡田敦典, 森井彰一, 和田成伍, 尾形芳郎 ; 有限要素法によるH I Dランプの音響的共鳴減少の防止技術の検討 照学全大 (昭61) No. 36

5) Yoshizawa K, Kodama H, Itoh H ; New light source using microwave discharge, IES Annual Conference Technical Papers (1984) No.23

5.1 測定回路と測定方法

5.1.1 電気特性の測定

従来、蛍光ランプ用の磁気回路式または半導体スタート式安定器においては図5.1に示すような測定回路が定められている。

電子回路式安定器については現在電球工業会で検討中でJ I S化には至っていない。

また、IECでも電子回路式安定器の測定回路が審議されている。

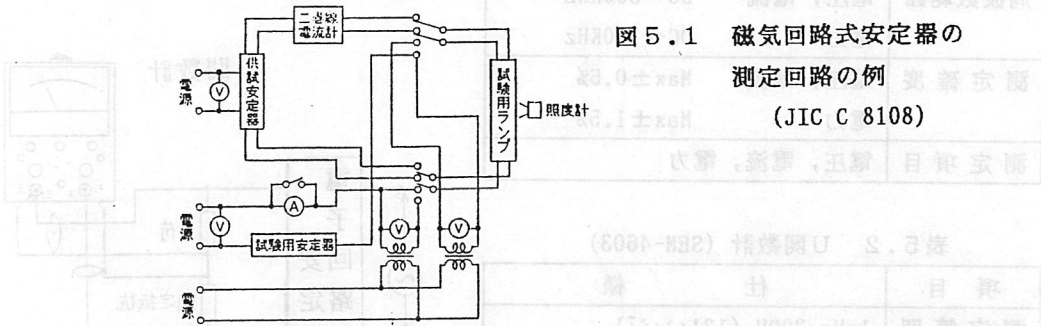


図5.1 磁気回路式安定器の測定回路の例 (J I C 8108)

電子回路式安定器の中で高周波形安定器においては出力電圧、電流は高周波成分を多く含むため、従来用いられていた可動鉄片型や電流力計型の計器は出力の測定には全く使用できない。高周波の測定には熱電型計器や特殊な電子式計器がつかわれる。

電子式の例としては、クラークヘス社(米国)のデジタル実効値測定器(モデル255/256)¹⁾やノルマ社(オーストリア)のU関数計(モデルSEM-4603)²⁾が使われる。

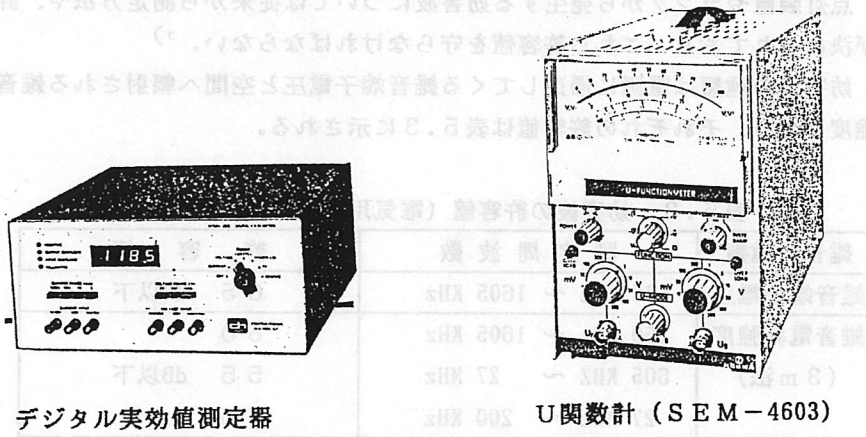


図5.2 高周波計器の例

高周波の測定においては大地や、電源のアース極性との関係で測定誤差が生じるので、測定に当たっては計測器との結線について極性に注意が必要である。

なお、入力測定については商用周波用の計測器が使われる。

高周波計器の性能について表5.1, 表5.2に示す。

表5.1 デジタル実効値計 (255/256)

項目	仕様
測定範囲	電圧 1.6V~1000V (3レンジ)
	電流 400 μ A~7.5A (4レンジ)
	電力 10mW~5000W (24レンジ)
周波数範囲	電圧, 電流 DC~300KHz
	電力 DC~100KHz
測定精度	電圧, 電流 Max \pm 0.6%
	電力 Max \pm 1.5%
測定項目	電圧, 電流, 電力

また、U関数計を使った測定の例について図5.3に示す。

乗算機能を有しているので電力を測定できる。

表5.2 U関数計 (SEM-4603)

項目	仕様
測定範囲	1mV~300V (12レンジ)
周波数範囲	10Hz~2MHz
測定精度	15Hz~1MHz フルスケールの \pm 1%
	10Hz~2MHz フルスケールの \pm 2%
測定項目	ピーク値, 平均値, R.M.S クロスパワー

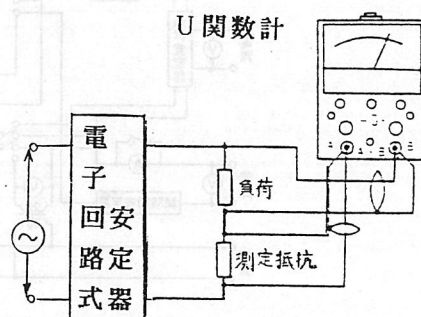


図5.3 電力の測定

5.1.2 妨害波の測定

点灯装置やランプから発生する妨害波については従来から測定方法や、許容値が決められており、これら許容値を守らなければならない。³⁾

妨害波の種類は電源に帰還してくる雑音端子電圧と空間へ輻射される雑音電界強度があり、それぞれの許容値は表5.3に示される。

表5.3 妨害波の許容値 (電気用品取締法による)

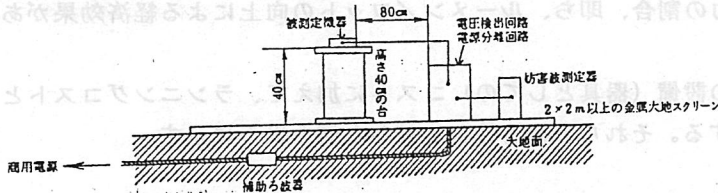
雑音の種類	測定周波数	許容値
雑音端子電圧	535 KHz ~ 1605 KHz	65 dB以下
雑音電界強度 (3 m法)	150 KHz ~ 1605 KHz	60
	605 KHz ~ 27 MHz 27 MHz ~ 200 KHz	55 dB以下 50

表 5.4 妨害波測定器

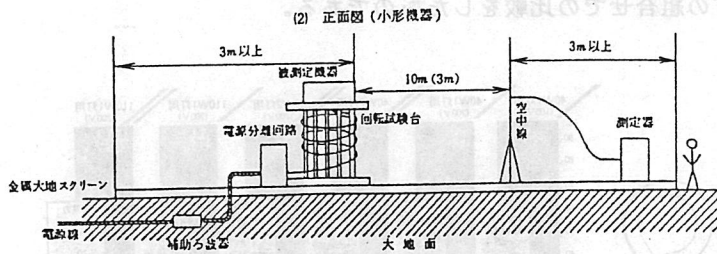
品番	測定範囲	名称	メーカー
KNM-402	150kHz ~ 30MHz	妨害波強度測定器	協立電子工業(株)
KNM-502	25MHz ~ 500MHz	---	
KNM-402	150MHz ~ 30MHz	疑似電源回路網	
KNM-501	25MHz ~ 500MHz	---	

測定方法を図 5.4 に示す。

図 5.4



雑音端子電圧測定法



雑音電界測定法

妨害波の測定法については国際規格 (CISPR) への整合が検討されており、近い時期に整合が図られるものと考えられる。変更が検討されている主な点としては、雑音電界測定に代わり吸収クランプ方式と呼ばれる電源線をクランプして測定する方法や雑音端子電圧測定における測定インピーダンスの変更と、それに伴う測定周波数、許容値の変更などがある。

5.2 ランプの始動と寿命

蛍光灯の寿命を損なわないようにする回路上の工夫については 2.2.7(a) で述べたように、ランプの予熱を先行させ、その後に始動電圧を印加してランプを点灯する方法が採用される。ランプの寿命は光束の低下 (デクレ) が初期の値に比べて一定値以下になった時点までの時間で表される。使用に際して、ランプのフィラメントに塗られているエミッタ物質がどのように消耗していくかを調べる方法や、ランプの管端の黒化の状態を調べる方法などがランプ寿命の評価法としてある。

更に、例えば、点灯時間を2.5時間とし消灯時間を0.5時間として、これを繰り返して試験する方法や、もっと短い時間で点滅を繰り返して試験する方法等がある。

このような試験を通して、予熱や始動条件を適正化する事でランプ寿命を保証している。HIDランプについても点灯試験により同様にランプ寿命を保証している。

5.3 総合効率と経済性

電子化によるメリットとして、装置の小型軽量化、騒音が少ない、光のチラツキが少ない、即時始動等があげられるが、特に、優れた特長として装置の入力電力に対する光出力の割合、即ち、ルーメン/ワットの向上による経済効果があげられる。

経済性は当初の設備（器具としての）コストに加えて、ランニングコストとしての電力が関係する。それらの経済性を比較した例を以下に示す。

5.3.1 施設用蛍光灯高周波点灯形安定器の例⁴⁾

図5.5はラピッド式安定器と一般形ランプの組合せに対する高周波点灯形安定器と省電力ランプの組合せでの比較をしたものである。

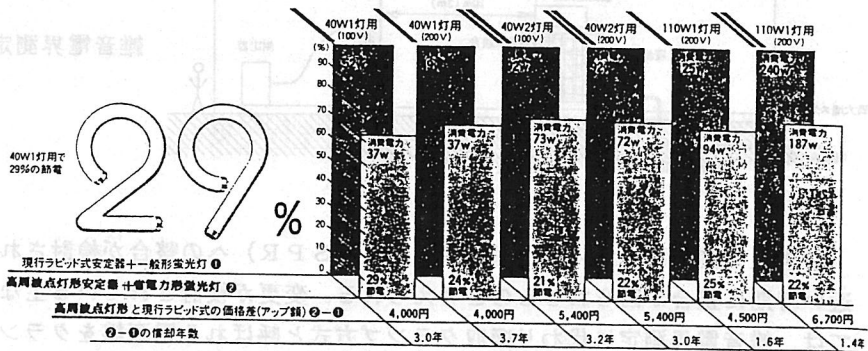


図5.5 40W蛍光灯器具の経済性比較

また、図5.6は調光付きの場合を示す。⁵⁾ これにおいては50%までの連続調光が可能であり、更に、20%まで可能なものもある。調光付きのものは使用状況や外光に合わせ光出力をコントロールできるため、無駄な電力消費を無くし、一層の節電効果が得られる。

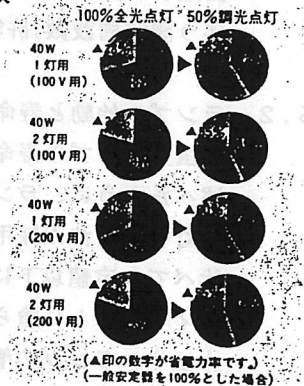


図5.6 調光付きの例

5.3.2 住宅用蛍光灯高周波点灯形安定器の例

住宅用においては経済性と共に、三波長形蛍光ランプとの組合せで少ないランプ数で光束値をアップし明るい照明を実現している。

また、光のちらつきも少ないため居間や学習スタンド照明としても最適といえる。

表5.5は消費電力と明るさを比較したものである。

表5.5 住宅用器具での比較例

ランプ/安定器	消費電力	光束値	総合効率
一般形ランプ 20W 5灯磁気回路式	120W	5300lm	44lm/W
三波長形ランプ 40W+32W 高周波点灯形	83W	6930lm	83lm/W

5.3.3 電球形蛍光ランプ（電子回路式安定器内蔵形）の例⁶⁾

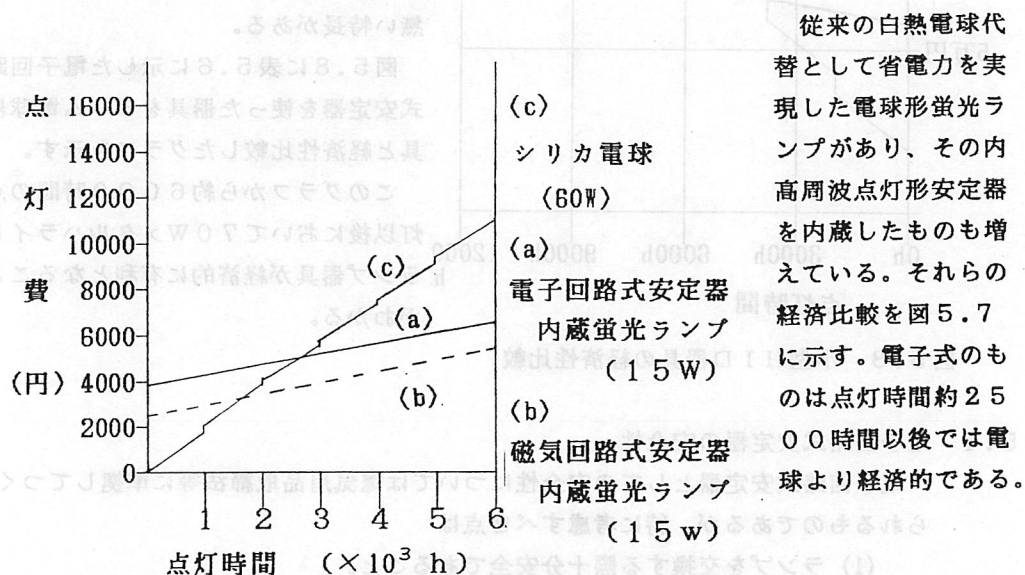


図5.7 電球形蛍光ランプの経済性比較

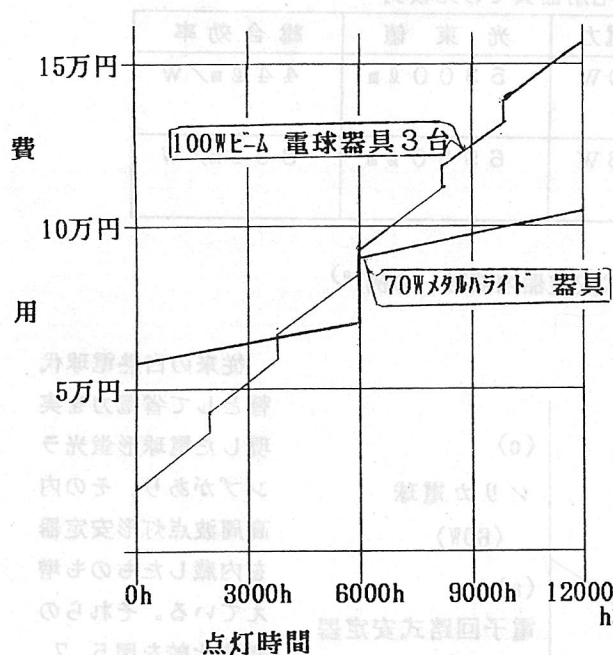
5.3.4 HIDランプ用電子回路式安定器の例⁴⁾

店舗用のスポット照明としてハロゲン電球に代わって小型のメタルハライドランプが使われ始めている。省電力効果と共に、熱線が極めて少ない等売場の照明として今後、増えていくであろう。安定器の小型、軽量化の効果は小型HIDランプの場合特に重要になってきている。

表5.6は70Wの小型メタルハライドランプ用の電子回路式安定器と磁気回路式安定器を比較したものである。

表5.6 70Wメタルハライドランプ用安定器の比較例

項目	電子回路式安定器	磁気回路式安定器	比較
入力電力	83W	92W	約10%ダウン
入電 力流	安定時	2.3A	配線容量2倍に 使用できる
	始動時	0.6A	
周波数	50/60Hz 共用	50/60Hz 共用	電源周波数共用
重量	0.65Kg	2.6Kg	約75%ダウン



HIDランプを用いることによって
ビーム電球100W3灯分に相当する
明るさがえられる。小型、高輝度なラ
ンプと小型、軽量の点灯回路を組み合
わすことによって経済性のある照明が
実現できる。

また、ランプの発光色の点からソフ
トな光が得られ、ちらつきもほとんど
無い特長がある。

図5.8に表5.6に示した電子回路
式安定器を使った器具をビーム電球器
具と経済性比較したグラフを示す。

このグラフから約6000時間の点
灯以後において70Wメタルハライド
ランプ器具が経済的に有利となること
がわかる。

図5.8 小型HID器具の経済性比較

5.4 電子回路式安定器の安全性

電子回路式安定器としての安全性については電気用品取締法等に準拠してつくられるものであるが、特に考慮すべき点は

- (1) ランプを交換する際十分安全であること。
- (2) 回路の信頼性が高いことはもちろん、万一回路の一部(部品など)に故障が発生しても回路が停止するか、電源が遮断されること。

であり、これらの事は磁気回路式安定器と同様に必要である。

そのため、電源遮断ヒューズや温度ヒューズを備えるとともに、部品の選択、回路自体でのフェールセーフ設計がされなければならない。

また、雷サージや配電系統での負荷の断続による電圧サージにも耐えるようにサージアブソーバをそなえる。

一般商用電源で動作する放電灯用安定器の電子化は、1970年代初めより行なわれ既に10数年を経ている。この間に数多くの電子化の方式が発表され、また実用化も積極的に進められて、業務用の一般照明から住宅用の照明へと利用分野が広がり、現在はさらに一部産業機器用の光源応用分野にまでその利用は拡大しつつある。

しかしながら安定器の電子化に当り、研究開発者が当初夢みた磁気回路式安定器のかなりの部分との置換ええという市場スケールからみると現状ではまだ十分に普及しているとは言い難い。

今後さらに安定器電子化を普及拡大させるために解決せねばならぬ課題につき以下に述べる。

6.1 蛍光ランプ用安定器の電子化における課題

蛍光ランプ用安定器の電子化は、既に長年の実績があり性能および信頼性の向上など技術的課題については実用上ほぼ解決されてきた。今までに検討された主な技術課題を表6.1に示す。

表6.1 今までに検討された主な技術的課題

課 題	検 討 事 項
効 率 改 善	(1) 電力損の低減 (2) 回路効率の改善 (3) 発光効率の改善 (4) 入力力率の改善
信 頼 性 向 上	(1) ランプ寿命の改善 (2) ランプ始動特性の改善 (3) 雑音，騒音の低減

しかし、経済性においては第5章に述べた如く、ランニングコストを加味しても従来形の磁気回路式安定器に比べまだ充分とは言えず、このため限定された用途となり、これが普及拡大を阻害する要因となっている。これを解決するための技術開発、製品開発が、蛍光ランプ用安定器の電子化における当面の主要課題であろう。

この方策としては次のようなことが考えられる。

- (1) 総合効率を更に改善して省電力による経済効果を大とし、コストパフォーマンスを上げる。
- (2) 構成電子部品と回路方式の改良や簡略化により経済性を向上させる。
- (3) 従来形安定器ではなし得ない高周波点灯形特有の特長を発揮できる製品分野への用途拡大をはかる。

これの具体策としては(1)については4.2節のような試みがなされ、(2)については図3.5や図3.8のような方向が検討されている。なお(3)については6.5節で述べる。

6.2 HIDランプ用安定器の電子化における課題

安定器の電子化は、ランプ発光効率の向上、電力損低下による省電力化および小形・軽量化が大きな特長であり、けい光ランプ用安定器の電子化はこれらを実現している。

しかしHIDランプにあっては図1.7に示すように高周波点灯による発光効率の上昇は少なく、また省電力効果においても表6.2に示すように全消費電力(入力電力)に占める安定器の電力損の比率が少ないため、電子化により安定器の電力損を減らしても省電力効果は少ない。

表6.2 安定器電力損の比率

		入力電力(W)	ランプ電力(W)	電力損(W)
蛍光 ランプ	FCL30 用	36	30	6 (17%)
	FLR40×2 用	95	80	15 (16%)
	FLR110H 用	130	110	20 (18%)
HID ランプ	H-300 用	320	300	20 (6%)
	H-400 用	425	400	25 (6%)
	H-1000 用	1,060	1,000	60 (6%)

一方HIDランプの最近の研究開発の1つの動向としてランプの小形、小出力化があり、これの屋内照明への普及あるいは産業用光源としての利用に当り安定器を器具に内蔵する必要性から、安定器の小形軽量化が強く要求されている。

このため小形・軽量で効率の良い安定器の開発が望まれるが、HIDランプはその構造上高周波で点灯すると音響的共鳴現象と呼ばれる放電アークの不安定現象を生ずるため、HIDランプの高周波点灯は未だ実用化されていない。

これを回避するためには、点灯周波数を商用周波数とした位相制御形安定器や毎サイクル点弧形安定器の採用があり、これは一部実用化されている。しかし安定器の小形軽量化の面では高周波点灯方式が有利であり、従って音響的共鳴現象を避けた小形軽量で経済性の良い安定器の実用化が今後の課題である。最近これに関し、図6.9、図6.11に示すような方式が試みられている。

6.3 電子回路式安定器の信頼性

放電灯用安定器においては信頼性は主として寿命と安全性の面より論じられる。

従来の磁気回路式安定器は構成要素部品が少なく主として絶縁材料の使用温度で寿命が決定されるため、寿命の評価に簡易的な方法(IEC法)が採用され、加速寿命試験によって短期にその寿命を推定することができる。

しかし電子回路式安定器においては構成要素が複雑であり、また製品の歴史も浅くフィールドデータも少ないため、その寿命評価法は確立されていない。

従って、電子回路式安定器においては加速寿命試験によって短期にその寿命を推定することが困難なため、一般にはMIL-HDBK-217等の手法によって信頼性予測を行なう。装置の信頼度はそれを構成する部品の信頼度の積で与えられるため使用部品の数が増せば装置の信頼度は低下する。このため必要な信頼性を得るために個々の部品には十分なディレーティングを取り、また必要に応じて部品のスクリーニングを行なう。

一般に電子装置の寿命はbath-tub曲線に従うため初期故障を減じておけば、上述の信頼性は充分確保されるものと思われる。

また安全性に関しては、寿命末期時の保全是勿論であるが、さらに電源サージ、雷サージ、静電破壊などの環境条件への対応を考慮することが必要である。

なお、これら信頼性についてはいずれも製造者において独自の判断のもとにその評価が行なわれているが、近い将来、統一された信頼性評価法が確立されることを期待したい。

6.4 発生ノイズの抑制

近年電子装置も多岐に渡っているが、これらはいずれも外来ノイズの影響を受け易い。基本的には発生側でのノイズの抑制が必要であるが、今後これらの問題に関しては機器相互間の調和のとれた規制が検討課題となるであろう。

(1) 赤外ノイズの抑制

高周波点灯に使用される周波数領域は、蛍光灯ランプ用にあつては20kHz～100kHz、HIDランプ用にあつては200kHz程度までと考えられるが、この周波数領域は、赤外線を利用したリモートコントロール機器の搬送周波数領域と一部重なるため両者の協調が必要である。この問題につき昭和58年より(財)家電製品協会において検討が行なわれ、昭和60年3月に下記のような使用周波数帯域の分離に関するガイドラインが出された。

赤外線リモートコントロール機器の使用周波数 33kHz以上40kHz以下

照明器具の高周波点灯に使用する周波数 33kHz未満又は40kHz超

一方海外においても最近この問題がとりあげられIEC TC84/SWG17において検討中である。

(2) 入力電流における高調波の抑制

近年、電子機器の急速な発展による電力系統へ流入する高調波電流の増加に伴い、他機器への影響が検討されている。IEC TC77においてもこの問題が検討され、照明器具に対し将来の規制値として表6.3、表6.4の規制値が出された。

6・5 応用分野の拡大

蛍光灯用の電子回路式安定器は、高周波点灯形が主に用いられている。一般照明用としては従来形安定器より優れた特性を実現できる分野での拡大が期待されており、これを6・5・1に示す。

産業機器用の光源応用分野を6・5・2に示す。この分野は急速に用途が拡大しつつあり、液晶デバイスなどのディスプレイ用光源、ファクシミリなどの読取用光源には電子回路式安定器が広く使われている。メタルハライドランプの高周波点灯は音響的共鳴現象の発生を防止する技術検討を必要とする。

6・5・1 一般照明用

電子回路式安定器により、従来形安定器ではなし得なかった、或いは従来形安定器より優れた特性を実現できる分野の例を示す。

表6・5 電子回路式安定器の特長と用途

特長	用途	点灯回路
小形・軽量	電球形蛍光灯内蔵・他	高周波点灯形
始動時間の短縮	〃	〃
連続調光	店舗照明・他	〃
省電力	〃	〃
ちらつきの低減	蛍光灯スタンド・他	〃
直流電源の使用	太陽電池利用照明 非常灯・誘導灯 車両用照明・他	〃

6・5・2 産業機器用

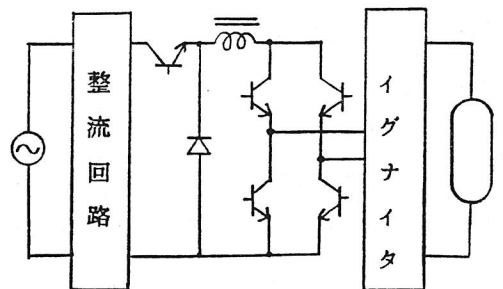
電子回路式安定器を用いた、産業機器分野への応用を示す。

(1) 光学機器用

図6・1はオーバーヘッドプロジェクタなどの用途に、提案されたものである。

点灯回路の基本構成は、限流機能をもつ降圧形チョツパの出力を、ブリッジ形インバータにより矩形波電流に変換しランプを点灯する。チョツパのスイッチング周波数、ランプ電流のリップルを適切に選定することにより、音響的共鳴現象の発生を防止した。

メタルハライドランプを使用し、点灯周波数は400Hzでフリッカは殆どない。¹⁾



降圧形チョツパ ブリッジインバータ ランプ
SM1575

図6・1 基本構成

(2) OCR用

図6.2はOCR用光源として200Wのメタルハライドランプを用いた。点灯周波数は、フリッカを無くすために高周波で、かつ音響的共鳴振動の固有振動数を持たず、安定点灯領域が比較的広い周波数を選んだ。²⁾

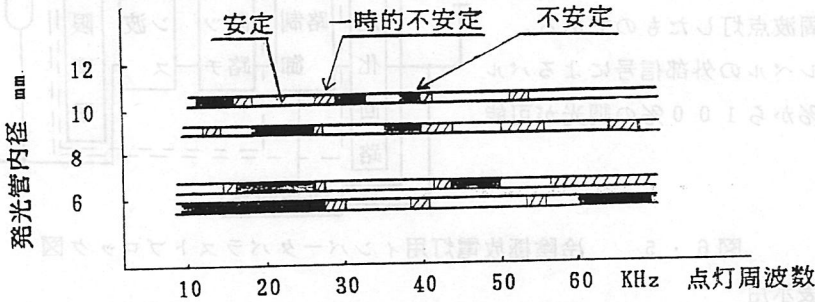


図6.2 発光管内径と安定点灯領域

(3) 2色ファクシミリ用

図6.3は2色ファクシミリの読取り光源として用いたものである。原稿面を赤色と青色の放電ランプで順次に照射し、CCDイメージセンサにより光電変換する。

2色の光源の点灯は、各々2msで行い残りの6msの間に原稿を搬送する。光源の点灯には高周波点灯が用いられている。³⁾

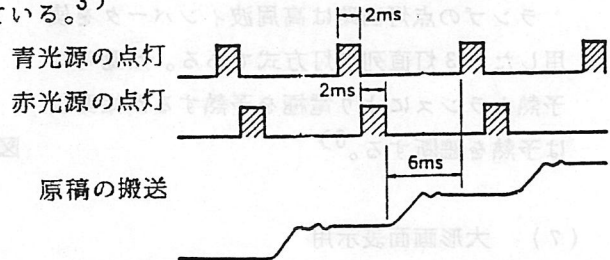


図6.3 読取り走査の方法

(4) OA機器用

図6.4は複写機。ファクシミリの露光用光源として蛍光ランプを用いる場合、コピー画質の問題から高周波点灯が行われている。

図に示す複写機の露光用蛍光ランプ点灯装置では調光機能のほかに、光量フィードバック機能を付加している。この調光方式は、点灯装置の入力を制御する方法であり光束比10%まで調光ができる。⁴⁾

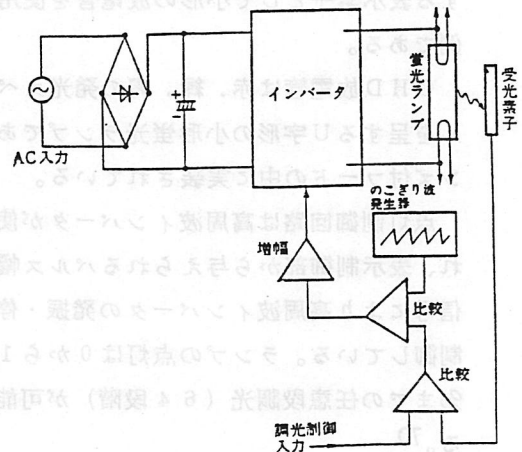


図6.4 調光式高周波点灯装置の回路図

(5) 液晶バックライト用

図6.5はポケットブル液晶テレビや車載用液晶パネルメータなど、透過型の液晶を用いた装置のバックライト光源として、冷陰極放電ランプを高周波点灯したものである。

調光はTTLレベルの外部信号によるパルス幅制御で10%から100%の調光が可能である。⁵⁾

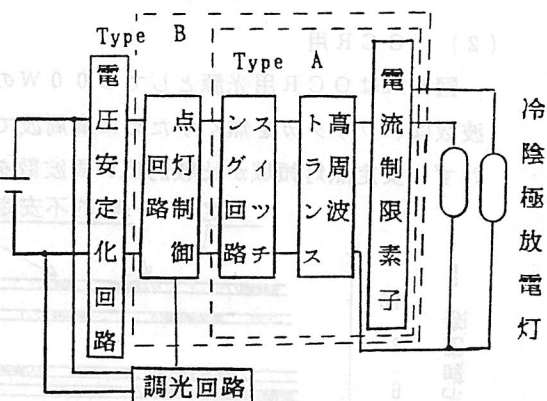


図6.5 冷陰極放電灯用インバータバラストブロック図

(6) 大形画面表示用

図6.6は液晶を使用した大形ディスプレイのバックライトとして蛍光ランプを使用した例である。ランプはフルカラー化に対応した分光分布と色温度に設定されている。管長は40Wと20Wの2種類のサイズを使用した。管径は28mm、かつアパーチャ形である。

ランプの点灯回路は高周波インバータを使用した、3灯直列点灯方式である。始動時は予熱トランスにより電極を予熱するが始動後は予熱を遮断する。⁶⁾

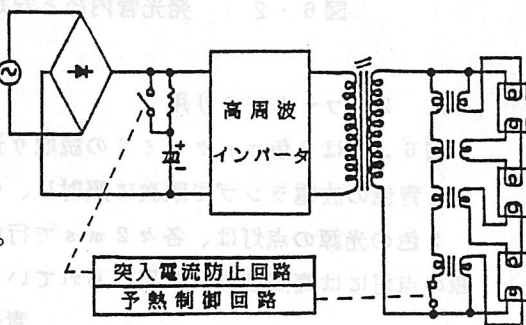


図6.6 安定器のブロック図

(7) 大形画面表示用

図6.7は大形のカラー映像表示装置に使用する表示素子として小形の放電管を使用した例である。

CHD放電管は赤、緑、青の発光スペクトルを呈するU字形の小形蛍光ランプでありレンズ付フードの中に実装されている。

点灯制御回路は高周波インバータが使用され、表示制御部から与えられるパルス幅変調信号により高周波インバータの発振・停止を制御している。ランプの点灯は0から100%までの任意段調光(64段階)が可能である。⁷⁾

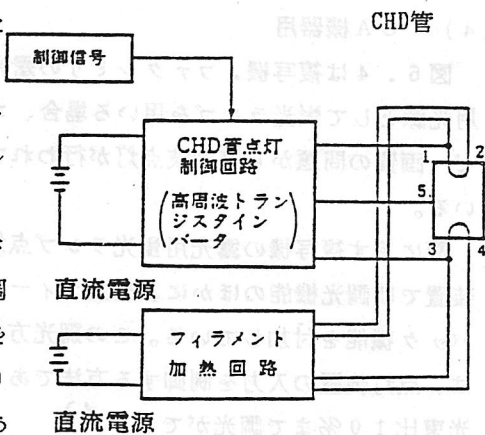


図6.7 CHD管点灯方式

(8) 近赤外照明用

近赤外光を用いた用途としてはOCR用、ITVシステム用などがある。

近赤外光の発生は低圧の希ガス放電の発光によっている。ランプはArとNeの混合ガスを使用した。2種類のガスの電離電圧に差があるので基本的にArのみの発光が得られ、可視部に殆ど発光しない。

図6.8はこのランプを使用した近赤外ITVシステムでは撮像時のフリッカを防止するためランプを高周波点灯し、近赤外光により暗闇での撮像を可能にした。⁸⁾

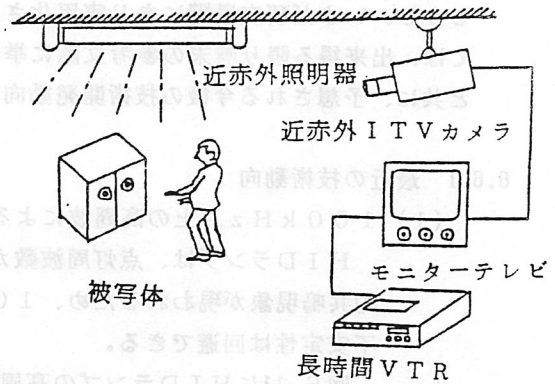


図6.8 近赤外ITVシステムの構成例

(9) 植物育成用

図6.9は人工光源を用いて植物栽培を行う場合の例である。光源には蛍光ランプを使用した。

植物の光合成の機構に着目し、光源を点滅するパルス光照射の効果について調べた。

実験はサラダ菜を周期10ms、明期5ms、暗期5msの照射光で栽培した。

ランプの点灯回路はインバータによる高周波点灯回路であり、インバータの出力トランスの二次側(ランプと並列)にスイッチを接続し、点滅している。⁹⁾

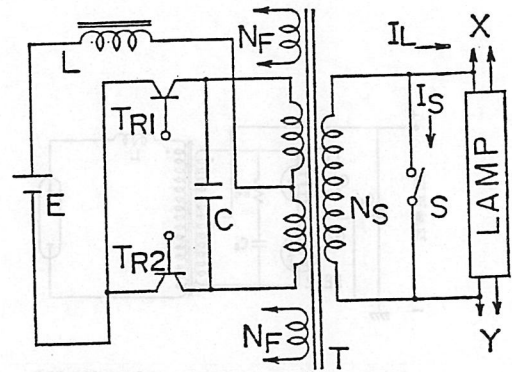


図6.9 パルス光源点灯回路

(10) RGB3色蛍光灯

図6.10は赤・緑・青3色の発光管を用いたカラー演出用光源である。

104mmのグローブ内に3本のU形蛍光ランプがもうけられ、この蛍光ランプは個々に点灯可能である。さらに制御装置を使用することにより、RGBの任意の蛍光ランプを点灯したり連続的に色を変化させることも出来る。この構成は、器具・ランプと点灯装置及び制御装置とからなる。¹⁰⁾

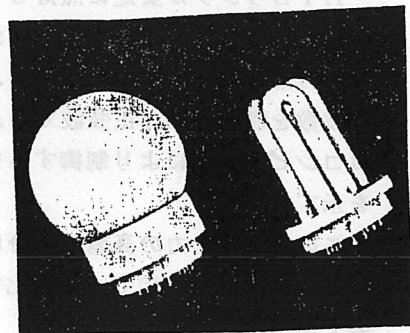


図6.10 RGB3色蛍光灯

6.6 新技術の開発

第3章、第4章においては、既に実用化された方式を中心に技術動向を述べた。しかし、いまだ研究段階にあり実用化されていない研究成果も多い。これらについては、出来得る限り巻末の参考文献に挙げた。以下に代表的ないくつかの例を示すと共に、予想される今後の技術開発動向について述べる。

6.6.1 最近の技術動向

(1) 100 kHz 以上の高周波によるH I Dランプの安定点灯

H I Dランプは、点灯周波数が数kHzから約100kHzの範囲で音響的共鳴現象が現われるため、100kHz以上の周波数で点灯すれば放電の不安定性は回避できる。

図6.11にH I Dランプの高周波点灯回路を示す。この回路は、100kHz以上の高周波でも効率良く動作できるようにMOS形FETを使用したもので、100kHzから400kHzの周波数範囲でH I Dランプを安定に点灯できる。図6.12に示すように周波数を可変することにより、安定な点灯での調光特性も得られる。なお、点灯周波数が高いためノイズの抑制に留意する必要がある。

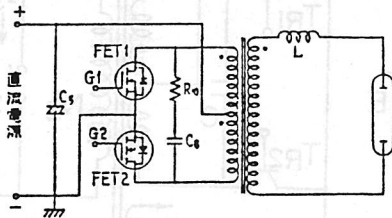


図6.11 H I Dランプの高周波点灯回路

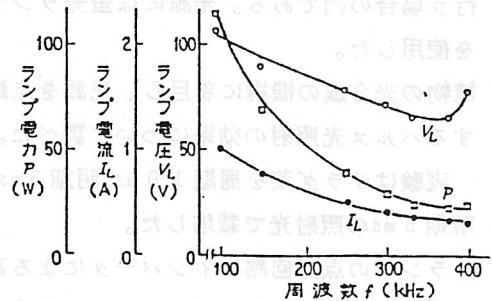


図6.12 周波数制御時の高圧ナトリウムランプの電気特性

(2) 周波数制御によるH I Dランプの安定点灯

H I Dランプが安定に点灯している時にはランプ電圧が極小値をとり、不安定になると電圧が上昇し振幅が不規則に変動するので、電子回路によりランプの点灯状態を監視し、もし、不安定であれば安定状態になるように点灯周波数を制御すれば正弦波での点灯が可能である。¹²⁾ 図6.13 (a)にマイクロコンピュータにより制御するものを、同図 (b)にアナログ回路によるものを示す。

この方式は出力の高調波成分による電波障害が少ないという特長があるが、回路が複雑であるので、実用化するためには回路の簡素化またはIC化が必要である。

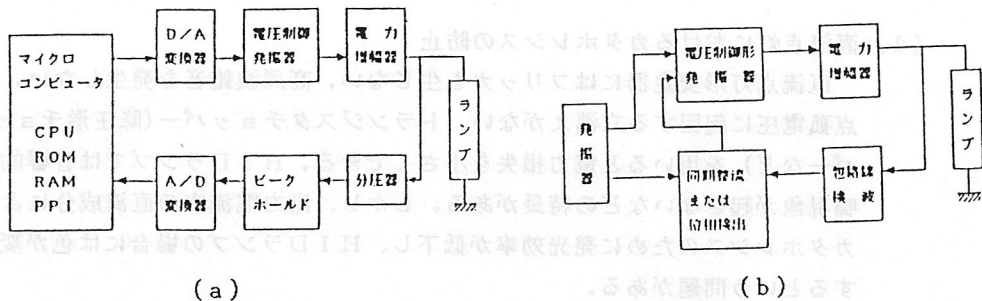


図 6.13 周波数制御による高周波安定点灯

(3) 昇圧形インバータによる構成電子部品の簡略化

図 6.14 はパワートランジスタ 1 個を用い、変圧器を使わない昇圧形トランジスタインバータである。^{12) 13)} 出力トランスを用いなくても昇圧特性をもっているため、低い電源電圧でもランプを高周波点灯できる。出力トランスを用いない安定器では、ランプ電圧の 2 倍程度の電源電圧が必要であるが、このインバータでは、電源電圧がランプ電圧の 0.7 倍以上あれば正弦波に近い波形で点灯できる。ランプ電圧の 0.5 倍の電源電圧でも点灯できるが、出力波形の歪が大きくなる。また、このインバータでは、ドライブ周波数により出力電力が変化するという特性があるので調光に利用できる。また、ドライブ周波数を掃引すると、周波数変調による HID ランプの点灯に利用できる。

このインバータの実用化には次のような問題点がある。パワートランジスタに加わるピーク電圧は電源電圧の 1.0 倍程度であるので、高耐圧のパワートランジスタが必要であり、 C_1 、 C_2 、 L_2 には高周波損失の小さいものが必要である。また、ドライブ回路の小型化 (IC 化) も望まれる。

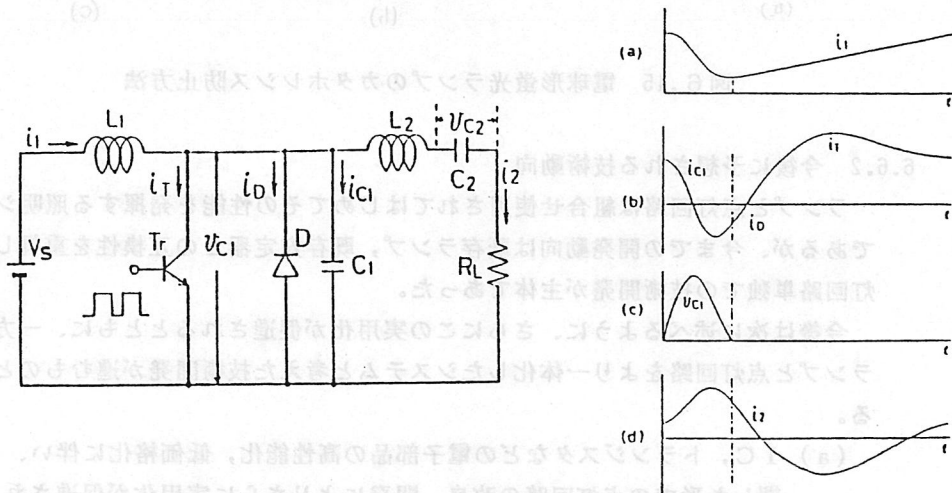


図 6.14 昇圧形インバータ回路と動作波形

(4) 直流点灯におけるカタホレスシの防止

直流点灯形安定器にはフリッカを生じない、高周波雑音を発生しない、再点弧電圧に起因する立消えがない、トランジスタチョッパ（降圧形チョッパなど）を用いると電力損失を小さくできる、H I Dランプでは音響的共鳴現象が起きないなどの特長がある。しかし、出力電流中の直流成分によるカタホレスシのために発光効率が低下し、H I Dランプの場合には色に変化するという問題がある。

最近、電球形蛍光ランプについてカタホレスシを制御する方法として、図6.15に示すように (a) 陽極近傍にアマルガムを置く、(b) 蛇行放電路間に隙間を設けて水銀原子を拡散させる、(c) 水銀蒸気圧が外管バルブの温度で規制させる構造にして外管バルブ内の発光管の陽極近傍に小孔を設けて水銀原子を拡散させる方法が提案されている。^{14) 15)}

高圧ナトリウムランプについては、アーク長が短く、管内径とNa蒸気圧が大きい時にはカタホレスシを生じないことが示されている。¹⁶⁾ また、小型メタルハライドランプでは直流点灯専用のものが開発された。¹⁷⁾ このようなランプを使用すれば、高周波雑音を発生せず、フリッカが無いので、雑音に弱い医療用電子機器などの近くでの使用とか撮影用光源や動物の観測用光源などに好適である。

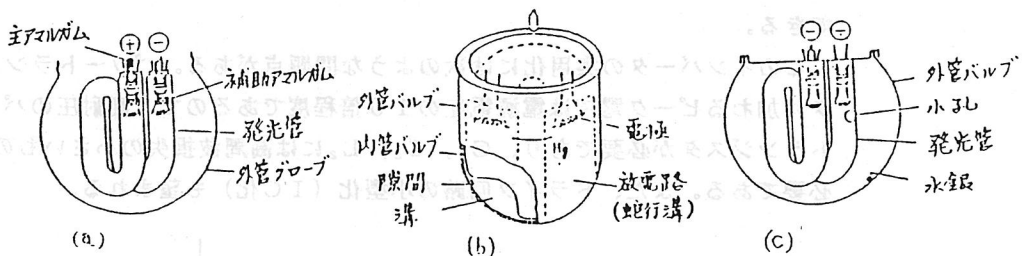


図6.15 電球形蛍光ランプのカタホレスシ防止方法

6.6.2 今後に予想される技術動向

ランプと点灯回路は組合せ使用されてはじめてその性能を発揮する照明システムであるが、今までの開発動向は既存ランプ、既存安定器との互換性を重視して、点灯回路単独での技術開発が主体であった。

今後は次に述べるように、さらにこの実用化が促進されるとともに、一方では、ランプと点灯回路をより一体化したシステムと考えた技術開発が進むものと思われる。

(a) I C、トランジスタなどの電子部品の高性能化、低価格化に伴い、これと同期した形での点灯回路の改良、開発によりさらに実用化が促進されるであろう。

6.7 引用文献

- 1) 清水・仲谷：575Wショートアークメタルハライドランプ(SM1575)用点灯装置の開発，昭和58年度照学東京支部大会，P.10
- 2) 宮下・川澄・村山・海和・内山：OCR用メタルハライドランプ，昭和59年度照学全大，P.51
- 3) 戸村・鮫島・満田・上野・渡辺：高解像度二色ファクシミリ MELFAS8500 三菱電機技報，Vol.57.No.6.1983.P.21~25
- 4) 笠作・中野・下川：中小OA機器用の各種電源，東芝レビュー，Vol.40. NO.1.昭60.P.16~18
- 5) 橘川：冷陰極放電灯用インバータバラスト，Electronic Monthly，昭59.8月.P.17~18
- 6) 小沢：大形液晶ディスプレイ用バックライト，TV学会技術報告，Vol.9. No.47.1986.IPD105-5
- 7) 金子・神谷・中瀬・今村：高輝度放電管方式による大形カラー映像表示装置 東芝レビュー，Vol.39.No.10.昭59.P.907~910
- 8) 西勝・安西・渡部：近赤外発光放電灯とその応用，電気学会 光応用・視覚研究会資料，LAV-84-14.1984
- 9) 池田・中山・山崎・安西：パルス光照射光源とその植物栽培への適用，計測自動制御学会論文集，Vol.21.No.7.昭60.P.765~767
- 10) 松下電工カタログ：照E-118，P.47~48
- 11) 水野他：HIDランプ用安定器の電子化（周波数制御形高周波点灯），照学 光の発生・関連システム研究会 LS85-16（1985.11）
- 12) 水野他：昇圧形トランジスタ・インバータによる蛍光ランプ用安定器，照学誌 Vol.66 P.465~469（1982.10）
- 13) 水野他：放電ランプ用昇圧形トランジスタ・インバータの解析，照学誌 Vol.70 P.531~536（1986.10）
- 14) 井上他：蛍光ランプのアマルガムによるカタホリシス防止，昭60照学全大 P.6（1985.3）
- 15) 山崎他：電球形蛍光ランプの直流点灯，昭61照学全大 P.16（1986.8）
- 16) 小沢他：高圧ナトリウムランプの直流点灯時における放電現象の検討，昭61照学全大 P.31（1986.8）
- 17) Davenport J.M , Hansler R.L ; Direct current operation of low wattage metal halide lamps, J. of IES 14-1（1984） 274

第7章 その他

7.1 電子化に伴う規格基準

電子化に伴う規格基準の現況に就いては、第4章 電子化に適合するランプ開発の動向：

4.1 一般照明用ランプの電子化安定器への適合化，4.2 電子化安定器専用ランプの動向，に述べられているので参照されたい*。IEC規格ドラフトとして審議中の電子化安定器関連ドラフトを紹介する。高周波点灯用蛍光ランプ関連はIEC規格ドラフト作成への準備段階にある。

1. 34C(CO)146 : DRAFT REVISION OF IEC PUBLICATION 458--DC SUPPLIED ELECTRONIC BALLASTS FOR TUBULAR FLUORESCENT LAMPS--PERFORMANCE REQUIREMENTS
2. 34C(CO)142-I : DRAFT REVISION OF IEC PUBLICATION 458--DC SUPPLIED ELECTRONIC BALLASTS FOR TUBULAR FLUORESCENT LAMPS--GENERAL AND SAFETY REQUIREMENTS
3. 34C(CO)142-II : DRAFT REVISION OF IEC PUBLICATION 458--DC SUPPLIED ELECTRONIC BALLASTS FOR TUBULAR FLUORESCENT LAMPS--GENERAL AND SAFETY REQUIREMENTS
4. 34C/COMEX(Sec r)431 : DRAFT IEC PUBLICATION XXX--AC SUPPLIED ELECTRONIC BALLASTS FOR TUBULAR FLUORESCENT LAMPS--PERFORMANCE REQUIREMENTS
5. 34C(CO) draft replaces 34C(Sec)128 : DRAFT IEC PUBLICATION 000--AC SUPPLIED ELECTRONIC BALLASTS FOR TUBULAR FLUORESCENT LAMPS--GENERAL AND SAFETY REQUIREMENTS
6. 77A(Sec r)27 : DRAFT AMENDMENT TO IEC PUBLICATION 552-2 1982--LIMITS FOR HARMONIC DISTORSION FROM LIGHTING EQUIPMENT--DISTURBANCES IN SUPPLY SYSTEMS CAUSED BY HOUSEHOLD APPLIANCES AND SIMILAR ELECTRICAL EQUIPMENT

7.2 参考文献

原則として昭和58年7月～昭和61年8月に発表された文献よりリスト・アップしてある(但し,801,802のみ昭和57年)。昭和57年6月迄の文献リストは電気学会技術報告(Ⅱ部)第72号に記載されている。

1. 一般(101)～(159)
2. 電子回路式安定器(201)～(226)
3. 放電灯モデルと点灯回路解析(301)～(313)
4. 点灯・放電形式(401)～(438)
5. 限流・再点弧以外の機能(501)～(514)
6. 波形障害(601)～(615)
7. 一括高周波点灯システムと放電灯点灯制御システム(701)～(706)
8. 放電灯安定器の信頼性保証ならびに電子回路式安定器部品(801)～(806)
9. 放電灯と安定器の協調乃至は電子回路式安定器とその放電灯(901)～(906)
10. 一般照明以外への照明応用(産業用 e t c.) (1001)～(1028)

(101). 明道・狩野・山ノ下・村上:三波長域発光形蛍光ランプの明るさ感覚;昭和59年照明全大, p. 126.

(102). 金谷・橋本:光源の演色性と明るさ感増加効果についての考察;昭和59年照明全大, p. 126.

(103). 洞口・森・片山・広田:テレビ会議室の照明設備;昭和60年照明全大, p. 114～115.

(104). 井上・上村・山根・吉川:昼光利用省電力照明制御システムの効果測定;昭和60年照明全大, p. 116.

(105). 坂本・佐藤・山田・遠藤:トンネル照明の輝度形自動調光装置;昭和60年照明全大, p. 119.

(106). 今村・斎田・恒川・峰・近藤・岡田・井手・西村:大型カラーディスプレイ用蛍光放電管の開発;昭和59年照明全大; p. 20.

(107). 宮下・川澄・村山・海和・内山:OCR用メタルハライドランプ;昭和59年照明全大, p. 37.

(108). 野本・川端・鳥居・細谷:電子化電球形蛍光ランプの特性;昭和60年照明全大, p. 11.

(109). 板谷・久保・竜子・藤野・佐藤・河村・沢井:ガラスブロック型可変色放電管の試作;昭和59年照明全大, p. 48.

(110) . 恒川・土橋・佐藤・新藤；冷陰極形蛍光ランプの基礎特性；昭和59年照明全大，p. 17.

(111) . 岩沢・上原・寺本：フッ素樹脂膜を被覆した漁業用メタルハライドランプ；昭和59年照明全大，p. 39.

(112) . 最近の点灯回路の電子化；昭和58年電気四学連大，第2分冊-14.
姫井・中西：14-1. 総論；2-159.

小山：14-2. 半導体スタータ形安定器；2-163.

石川：14-3. 位相制御形安定器；2-166.

青池：14-4. 高周波点灯形安定器；2-169.

中津：14-5. マイコンによる照明演出制御システム（省エネ制御）；2-173.

小林：14-6. 電子化におけるランプと安定器の協調；2-176.

(113) . HIDランプの小形化に関する諸問題；昭和58年電気関係学会関西支部連大，S8.

広瀬：S8-1. HIDランプの小形化の動向；s57.

井上：S8-2. メタルハライドランプの小形化に於ける技術的諸問題；s58.

猪島：S8-3. 高圧ナトリウムランプの電極；s59.

尾川・斎藤・坪：S8-4. 50W高演色性高圧ナトリウムランプ；s60.

(114) . 光放射の産業応用と放射応用計測の動向；昭和58年電気関係学会関西支部連大，S10.

(本：「光放射応用工学」最近の動向；s67.

河合：放射の工業応用と光源；s68.

壬生：殺菌灯の高出力化とその応用；s69.

バイオインダストリーにおける照明および光放射利用の現状と将来；昭和59年電気四学連大，第二分冊-14.

中川：14-1. 総論「本シンポジウムのねらい」；2-143.

蓑原：14-2. 光放射の生物への作用効果；2-145.

河本：14-3. バイオインダストリーに利用される光源；2-149.

藤沼・相賀：14-4. 光環境試験室の実際と植物の成長反応；2-153.

(115) . 最近の光源システム；昭和59年電気関係学会関西支部連大，S8.)

野口：S8-1. 光源から見た光源システム；s. 42.

前田：S8-2. 蛍光灯点灯回路電子化の動向；s. 43.

太田垣：S8-3. 最近の光源システム—HIDランプに関して；s. 44.

(116) . 高周波用電力半導体デバイス応用技術の現状と将来動向；昭和60年電気・情報関連学会連大，第一分冊-6.

中岡・金・丸岡：6-1. 総論—新発展段階における高周波スイッチング，パワーエレクトロニクス応用技術と動向—；1-115.

- 大森：6-5. 家電・民生機器システム用の高周波インバータ技術；1-133.
 (117). 光源の小形化技術とその応用；昭和60年電気・情報関連学会連大；第二分冊-13.
- 野口：13-1. 総論；2-128.
- 环：13-2. 高性能電球技術とその応用；2-130.
- 安西：13-3. 蛍光ランプ小形化技術とその応用；2-134.
- 太田垣：13-4. HIDランプの小形化技術とその応用；2-138.
- 青池：13-5. 点灯回路の小形・軽量化技術；2-142.
- 小原：13-6. ディスプレイ光源技術——主に大型画面用——；2-146.
 (118). 放電ランプと電子点灯回路；昭和60年電気関係学会関西支部連大，S9.
- 小山：S9-1. 安定器電子化の諸問題；s. 65.
- 井上：S9-2. 電子点灯回路による放電ランプの特性；s. 66.
- 前田・西野：S9-3. 器具内蔵形蛍光ランプ用安定器の電子化；s. 67.
- 能見：S9-4. 電球形蛍光ランプの電子化について；s. 68.
- 水野：S9-5. HIDランプ用安定器の電子化（周波数制御形高周波点灯）；s. 69.
- 中西・井上・小松原・姫井：S9-6. HIDランプ用安定器の電子化——100KHz以上の高周波点灯——；s. 70.
- 腰原・榎木・小佐々：S9-7. HIDランプ用安定器の電子化（直流点灯）；s. 71.
 (119). 小型・高性能光源特集；照学誌，Vol. 67，No. 11，昭58，p. 548~583.
- 本田：白熱電球の小形高性能化；p. 548~551.
- 広田・鈴木：小型蛍光ランプの新しいタイプ；p. 552~556.
- 神谷：蛍光ランプの特性改善；p. 557~564.
- 三好・祝：HIDランプの小型コンパクト化；p. 565~570.
- 黒羽・小西・毒島：特殊光源の性能向上；p. 571~577.
- 中西：放電灯点灯回路の技術進歩；p. 578~583.
 (120). ケー・シュミット（加納訳）：光源の動向；照学誌，Vol. 68，No. 7，昭59，p. 284~289.
- (121). アイ・エフ・ディヴィス（広瀬訳）：ランプ関連機器の動向；照学誌，Vol. 68，No. 7，昭59，p. 460~466.
- (122). 小野・松野：分離内管方式電球形蛍光ランプの効率の温度特性；照学誌，Vol. 68，No. 6，昭59，p. 254~258.
- (123). 姫井：電子回路と放電ランプ；照学誌，Vol. 69，No. 7，昭60，p. 316~318.
- (124). 加藤・高橋・高村：蛍光ランプの高周波点灯方式の設計について——経済性を主眼とした——；照学誌，Vol. 69，No. 6，昭60，p. 281~285.

- (125) . 坂本：低温と照明；照学誌，Vol. 70，No. 3，昭61，p. 120～124.
- (126) . K. Schmidt：Trends in Light Sources；J. Light&Vis. Env.，Vol. 8，No. 1，1984，p. 1～8.
- (127) . I. f. Davies：Lighting Hardware--Other than Lamps--；J. Light&Vis. Env.，Vol. 8，No. 1，1984，p. 9～20.
- (128) . T. Urayama and T. Maeda：Study on characteristics for lead-peak type ballasts for discharge lamps--Part I Open circuits characteristics--；J. Light&Vis. Env.，Vol. 8，No. 1，1984，p. 27～33.
- (129) . 越村：CIEアムステルダム大会点灯回路・システム関係論文概要報告；電学光応用・視覚研究会LAV-84-7，昭59-2.
- (130) . 水野：CIEアムステルダム大会光源関係論文概要報告；電学光応用・視覚研究会LAV-84-8，昭59-2.
- (131) . E. E. Hammer：Fluorescent system performance of F40T12 and smaller lamp diameters；J. Illum. Engng. Soc.，Vol. 13，No. 1，October 1983，p. 47～55.
- (132) . S. Cohen, J. N. Lester：Ballasting the miniature metal halide lamp II；J. Illum. Engng. Soc.，Vol. 14，No. 1，October 1984，p. 256～263.
- (133) . K. Yoshizaya：New light source using microwave discharge；J. Illum. Engng. Soc.，Vol. 14，No. 1，October 1984，p. 283～297.
- (134) . S. Murayama, H. Matsumoto, Y. Watanabe, T. Ono, K. Hosoya, T. Horita：Compact lamp with two interior fluorescent tubes；J. Illum. Engng. Soc.，Vol. 14，No. 1，October 1984，p. 298～305.
- (135) . I. J. Pitel：Emerging lighting control technologies；the alternatives and trade-offs；J. Illum. Engng. Soc.，Vol. 14，No. 2，April 1985，p. 624～632.

- (136). J. W. F. Dorleijn and A. G. Jack: Power Ballances for Some Fluorescent Lamps; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 15, No. 1, Fall 1985, p. 75~84.
- (137). C. M. Verheij: New Steps in Development of Compact Single-ended Fluorescent Lamps; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 15, No. 1, Fall 1985, p. 85~94.
- (138). Innovations' 83--1983 IES Progress Report; Light. Des. Appl., Jan. 1984, p. 35~48.
- (139). 1984 St. Louis Gateway to Tomorrow's Lighting--IES Progress Report; Light. Des. Appl., Dec. 1984, p. 17~28.
- (140). 1985 Progress Report; Light. Des. Appl., Nov. 1985, p. 23~39.
- (141). W. M. Keeffe and Z. K. Krasco: A New Low Wattage Metal Halide Lamp--Optimization of lamp design through extensive investigation; Light. Des. Appl., Nov. 1985, p. 48~52.
- (142). G. J. English and R. E. Revin: Infrared Floodlighting--Significant application for security lighting; Light. Des. Appl., Dec. 1985, p. 48~51.
- (143). L. E. Vrenken and W. Veenstra: Compact single-ended fluorescent lamps: some performance and application aspects; Light. Res. Technol., Vol. 15, No. 2, 1983, p. 98~104.
- (144). H. Akutsu: Trends in HPS lamp Technology; Light. Res. Technol., Vol. 16, No. 2, 1984, p. 73~84.
- (145). H. Gruhn: Kompakte Leuchtstofflampen; Licht 9/83, s. 494~496.
- (146). M. Gunter: Neuerungen beim Zubehor f-ur Lichtquellen; Licht 11/83, s. 609~613.
- (147). M. Gunter: Neuerungen beim Zubehor f-

- ur Lichtquellen; LICHT 7/1984, s. 506~510.
- (148). Vorschaltgerate fur Leuchtstofflampen; LICHT 2/1985, s. 138~139.
- (149). M. Gunter: Neuerungen beim Zubehor fur Lichtquellen; LICHT 6/1985, s. 408~411.
- (150). B. Schelper: Vorschaltgerate fur Leuchtstofflampen; LICHT 2/1986, s. 128~132.
- (151). M. Gunter: Neuerungen bei Lichtquellen; LICHT 4/1986, s. 274~278.
- (152). 持丸・佐々木・森・犬飼: 超小形メタルハライドランプ; 東芝レビュー Vol. 39, No. 3, 昭59, p. 204~206.
- (153) 恒川・新羅・木村・田屋: 3波長形蛍光ランプの光束向上; 東芝レビュー, Vol. 40, No. 13, 昭60, p. 1136~1139.
- (154). 中野・石井・武田・願念・田中: コンパクト蛍光灯BB及びBBダウンライト; 三菱電機技報, Vol. 60, No. 5, 昭61, p. 357~361.
- (155). 低圧ナトリウム灯用省電力型安定器の開発; 松下電工技報, No. 29, Aug. 1984, p. 23~26.
- (156). 蔭山・鳥居・寺本・大平: システムライコン; 松下電工技報, No. 32, Feb. 1986, p. 23~28.
- (157). H. Lange: --invited paper-- Lamps and Circuits; Third International Symposium on the Science and Technology of Light Sources, Toulouse-France, 1983.
- (158). 点灯装置のエレクトロニクス--照明の省電力, 小形・軽量化, 多機能化をエレクトロニクス技術を結集して実現--; 84' 東芝電材テクニカルプロポーザル, p. 12~13.
- (159). H. Smulders: Electronics for Lamps; Annual Conference of IES USA Boston, August 1986.
- (201). 中嶋・御園: 直流点灯による学習用蛍光灯スタンドの開発; 昭和58年照学東京支部大, p. 5.
- (202). 清水・仲谷: 757Wショートメタルハライドランプ(SMI575)用点灯装置の開発, 昭和58年照学東京支部大, p. 10.
- (203). 西野・佐藤: 住宅照明器具用電子安定器の開発; 昭和59年照学全大, p. 24.

- (204) . 中川・熊田・赤塚・小山：小形蛍光灯用電子安定器の開発；昭和59年照学全大，p. 25.
- (205) . 世良・三谷・四宮・佐藤：低圧配電電圧格上げに伴う蛍光灯安定器の一検討；昭和59年照学全大，p. 26.
- (206) . 吉川・能見・今井：電子安定器を使用した高光束（1000lm）電球形蛍光灯；昭和60年照学全大，p. 19.
- (207) . 山崎・安西・梶原：疑似矩形波点灯回路；昭和60年照学全大，p. 22.
- (208) . 仲谷・青池：自励一石式トランジスタインバータによる連続調光用蛍光灯電子安定器；昭和60年照学全大，p. 24.
- (209) . 石井・西野・迫：コンパクト蛍光灯用高周波点灯装置の開発；昭和60年照学全大，p. 25.
- (210) . 越村・清水：40Wメタルハライドランプの毎サイクル点灯方式；昭和59年照学全大，p. 50.
- (211) . 塩見・西村・永瀬・水野：高演色性小型高圧ナトリウム灯用電子安定器の開発；昭和59年照学全大，p. 51.
- (212) . 中川・古田・赤塚・小山：一石他励式ICインバータスタンドの開発；昭和59年照学東京支部大，p. 6.
- (213) . 赤塚・小松・小山：ハーフブリッジ式ICインバータの開発；昭和61年照学全大，p. 23.
- (214) . 小松・赤塚・小山：蛍光灯多灯用調光式ICインバータの開発；昭和61年照学全大，p. 24.
- (215) . 小松原・中西・姫井：電子安定器による低圧ナトリウムランプの高周波点灯制御；昭和61年照学全大，p. 27.
- (216) . 矢橋・水野・石川：降圧チョッパ回路による電球形蛍光灯用安定器；昭和59年電気関係学会東海支部連大，p. 367.
- (217) . 水野・矢橋・石川：降圧チョッパによる蛍光灯用定電力形安定器；照学誌，Vol. 68，No. 6，昭59，p. 239～242.
- (218) . 湯原・乾・青池：定電流プッシュプルインバータによる蛍光灯用電子安定器；照学誌，Vol. 68，No. 10，昭59，p. 501～508.
- (219) . 中西・井上・小松原・姫井：100KHz以上の高周波によるHIDランプの点灯；照学誌，Vol. 70，No. 2，昭61，p. 62～66.
- (220) . J. Inoue, H. Komatsubara, T. Himei and S. Nakanishi: Experiment of high frequency operation and dimming control of HID lamps from 60Hz line source, J. Light & Vis. Environ., Vol. 9, No. 1, 1985, p. 1～5.

(221) . S. Cohen, J. N. Lester: Ballasting the miniature metal halide lamp; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 13, No. 1, October 1983, p. 191~197.

(222) . N. Aoike, K. Yuhara and Y. Nobuhara: Electronic ballast for fluorescent lamp lighting system of 100 lm/W overall efficiency; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 14, No. 1, October 1984, p. 225~239.

(223) . T. Mizuno: Solid-state based tubular fluorescent lamp ballast; Light. Res. Technol., Vol. 15, No. 2, 1983, p. 72~76.

(224) . 橋間・松野下・青池: 電球形電子化蛍光ランプ電子ネオボール; 東芝レビュー, Vol. 39, No. 3, 昭59, p. 196~199.

(225) . 西村・永瀬・塩見・水野: 演色本位形高圧ナトリウム灯用電子安定器; 松下電工技報, No. 31, Aug. 1985, p. 7~11.

早坂: 6) . J. Rozenboom: Electronic Ballast for Gas Discharge Lamps; Third International Symposium on the Science and Technology of Light Sources, Toulouse-France, 18-21 April 1983.

(301) . 石井・飯田・室井: Xenon Flash Lamp の等価インピーダンスについて; 昭和59年照学全大, p. 45.

(302) 早坂: マイコンを用いた水銀灯回路動作の解析; 昭和59年照学全大, p. 47.

(303) . 浦山・前田: HIDランプ電流波形に関する一考察; 昭和59年照学全大, p. 49.

(304) . ムハマド・中村・坊: 温度変化に対する蛍光ランプのモデル式の検討; 昭和60年照学全大, p. 15.

(305) . 尾崎・井上・山本・坊: 等価コンダクタンスモデルによる水銀ランプの光束計算; 昭和60年照学全大, p. 45.

(306) . 石井・飯田・加藤・室井: Xenon Flash Lamp の光電変換特性; 昭和60年照学全大, p. 46.

(307) . 板谷: 放電灯特性の数値解析について; 昭和61年照学全大, p. 2.

(308) . 和邇: 低圧水銀-希ガス放電モデルの蛍光ランプシュミレーションへの応用;

- 昭和61年照学全大, p. 4.
- (309). 中西・姫井: 高压水銀ランプの特性方程式; 昭和61年照学全大, p. 28.
- (310). 河村・水野・石川: 放電管安定器用昇圧形トランジスタインバータの解析; 昭和58年電気関係学会東海支部連大 p. 388.
- (311). 中田・河瀬・船越: 有限要素法による磁気漏れ変圧器の磁界解析; 照学誌, Vol. 68, No. 10, 昭59, p. 509~512.
- (312). 児玉・石原・戸高・金森・各務: 等価回路を用いた磁気漏れ変圧器形安定器の特性解析; 照学誌, Vol. 69, No. 2, 昭60, p. 53~58.
- (313). L. Di Fraia: A simple equation for the rms volt-ampere characteristics of fluorescent lamps; Light. Res. Technol., Vol. 17, No. 4, 1985, p. 189~191.
- (401). 奥野・和邇・宮本: 低圧Hg-Ar矩形波放電でのデューティ比の効果; 昭和59年照学全大, p. 5.
- (402). 矢橋・石川・水野: 蛍光ランプの直流電源による垂直点灯特性; 昭和59年照学全大, p. 18.
- (403). 高橋・加藤・高村: 放電灯用高周波発生装置の高効用化について(第一報); 昭和59年照学全大, p. 27.
- (404). 長谷・水野・石川: HIDランプの効率と点灯周波数の関係について; 昭和59年照学全大, p. 41.
- (405). 桂・小沢: 高演色形高压ナトリウムランプの周波数変調点灯; 昭和59年照学全大, p. 43.
- (406). 中西・篠崎・小松原・姫井: パワーMOS FETインバータによるHIDランプの高周波点灯実験について; 昭和59年照学全大, p. 52.
- (407). 井上・伊藤・今村: 蛍光ランプのアマルガムによるカタホリスの防止; 昭和60年照学全大, p. 6.
- (408). 浦山・前田: 蛍光ランプの高周波特性について; 昭和60年照学全大, p. 20.
- (409). 伊藤・湯原・延原: 回転アーク形多極けい光ランプの特性; 昭和61年照学東京支部大, p. 2.
- (410). 山崎・坪: 電球形蛍光ランプの直流点灯; 昭和61年照学全大, p. 16.
- (411). 今井・吉川・能見: 直流重畳形電子安定器を使用した電球形蛍光灯; 昭和61年照学全大, p. 17.
- (412). 浦山・前田・高橋: 蛍光ランプの周波特性について; 昭和61年照学全大, p. 20.

- (413) . 仲矢・湯原・青池：蛍光ランプの高周波ダブルスポット点灯の検討；昭和61年照学全大，p. 21.
- (414) . 清水・仲矢・乾：小形メタルハライドランプの高周波点灯における放電安定性；昭和61年照学全大，p. 30.
- (415) . 小沢・伊藤・小山：高圧ナトリウムランプの直流点灯時における放電現象の検討；昭和61年照学全大，p. 32.
- (416) . 竜子・藤野・渡部・板谷：瞬時電圧低下に対するH I Dランプの消灯特性；昭和61年照学全大，p. 34.
- (417) . 岡田・森井・和田・尾形：有限要素法によるH I Dランプの音響的共鳴現象の防止技術の検討；昭和61年照学全大，p. 38.
- (418) . 永瀬・西村・内橋・塩見：H I Dランプの高周波点灯による放電の安定化—一時分割印加方式について—；昭和61年照学全大，p. 39.
- (419) . 矢橋・水野・石川：メタルハライドランプの矩形波（高周波）点灯に関する検討；昭和58年電気関係学会東海支部連大，p. 390.
- (420) . 平松・水野：メタルハライドランプにおけるランプ電圧の周波数特性；昭和60年電気関係学会東海支部連大，p. 355.
- (421) . 水野・平松：メタルハライドランプ高周波点灯の安定化；昭和60年電気関係学会東海支部連大，p. 356.
- (422) . 井上：メタルハライドランプにおける再点弧電圧の抑制；照学誌，Vol. 68，No. 6，昭59，p. 265～270.
- (423) . 下垣・越智・柵木：安定器内蔵形水銀ランプの高効率化；照学誌，Vol. 68，昭59，p. 271～276.
- (424) . 高橋・加藤：蛍光ランプの高周波点灯における最適化について；照学誌，Vol. 68，No. 10，p. 513～517.
- (425) . 小野・松野・村山：分離内管方式電球形蛍光ランプの光束立ち上がり特性；照学誌，Vol. 68，No. 10，昭59，p. 524～527.
- (426) . Capacitor ballast for a compact fluorescent lamp；J. Light & Vis. Env.，Vol. 7，No. 1，1983，p. 7～14.
- (427) . Y. Watanabe, T. Ono, H. Matsuno and S. Murayama: Discharge waveform for a narrow-tube lamp and its improvement using a switching circuit；J. Light & Vis. Env.，Vol. 8，No. 1，1984，p. 21～26.
- (428) . 青野・黒河・久保・板谷：パルス放電における2次発光について；電学光応

用・視覚研究会LAV-83-17, 昭58-8.

(429). D. E. Hitchcock: High frequency characteristics of 32 watt T8 lamps; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 13, No. 1, October 1983, p. 26~35.

(430). J. J. de Groot, A. G. Jack, H. Coenen: High frequency operation of low sodium lamps; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 14, No. 1, October 1984, p. 188~210.

(431). E. E. Hammer: Fluorescent lamp operating characteristics at high frequency; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 14, No. 1, October 1984, p. 211~224.

(432). J. M. Davenport and R. L. Hansler: Direct current operation of low wattage metal halide lamps; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 14, No. 1, October 1984, p. 274~282.

(433). J. M. Davenport and J. Petti: Acoustic resonance phenomena in low wattage metal halide lamps; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 14, No. 2, April 1985, p. 663~642.

(434). E. E. Hammer and Ferreira: F40 Fluorescent Lamp Considerations for Operation at High Frequency; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 15, No. 1, Fall 1985, p. 63~74.

(435). H. -P. Stormberg and R. Schafer: Excitation of acoustic instabilities in discharge lamps with pulsed supply voltage; Light. Res. Technol., Vol. 15, No. 3, 1983, p. 127~132.

(436). 和田・東方: 蛍光ランプの軸方向管内電圧の間接測定法—軸方向管内電位分布, 陰極・陽極降下電圧, 陽光柱電位傾度の間接測定法の確立—; 松下電工技報, No. 29, Aug. 1984, p. 19~22.

(437). E. Statnic: High-Frequency Operation of Metal-Halide High Pressure Lamps; Annual Conference of IES of USA Bostn, August

1986.

(438). F. Bernitz: An autotracking System for Stable H.F. Operation of HID Lamps; Annual Conference of IES of USA Boston, August 1986.

(501). 谷河・山本・高倉: 蛍光灯用サーマルスタータの一考察; 昭和59年照学全大, p. 22.

(502). 佐々木・伊藤: メタルハライドランプ内蔵スタータ; 昭和59年照学全大, p. 35.

(503). 友清・奥村: メタルハライドランプの始動特性に及ぼす石英水分の影響; 昭和60年照学全大, p. 27.

(504). 堀越・柵木・百々・杉浦: メタルハライドランプ内蔵スタータの改良; 昭和60年照学全大, p. 28.

(505). 宇佐美・尾形: 50W高演色性高圧ナトリウムランプの始動特性; 昭和60年照学全大, p. 41.

(506). 小沢・小山: 高演色形高圧ナトリウムランプの色温度予測式の導出; 昭和60年電気関係学会関西支部連大, G308.

(507). 松野・村山: メタルハライドランプにおける放電破壊の時間遅れ; 照学誌, Vol. 68, No. 6, 昭59, p. 248~253.

(508). 杉浦・柵木・堀越・百々・下垣: メタルハライドランプ用内蔵スタータの改良; 照学誌, Vol. 69, No. 6, 昭60, p. 286~290.

(509). 前田・家村・山口: 高圧水銀ランプ進相形点灯回路の定電流特性; 照学誌, Vol. 70, No. 2, 昭61, p. 74~79.

(510). S. Nakanishi, H. Komatsubara, T. Himei and J. Inoue: A new dimming circuit for discharge lamps; J. Light & Vis. Env., Vol. 8, No. 1, 1984, p. 34~39.

(511). K. Simogaki, I. Iwai and M. Ochi: A high pressure sodium lamp with an improved starting circuit; J. Light & Vis. Env., Vol. 8, No. 2, 1984, p. 65~69.

(512). E. E. Hammer: Fluorescent lamp starting voltage relationships at 60Hz and high frequency; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 13, No. 1, October 1983, p. 36~46.

(513) . L. Di Fraia : Dimming of the 26 mm diameter fluorescent lamps ; J. Illum. Engng. Soc. , Vol. 14, No. 2, April 1985, p. 603~606.

(514) . J. N. Lester and S. Cohen : The RF Starter and Its Application to Miniature Metal Halide Lamps ; J. Illum. Engng. Soc. , Vol. 15, No. 2, Summer 1986, p. 31~40.

(601) . 中嶋・御園 : 直流点灯による学習用蛍光灯スタンドの開発 ; 昭和58年照学東京支部大, p. 5.

(602) . 熊田・大西 : ミシン作業用器具 ; 昭和58年照学東京支部大, p. 6.

(603) . 和田・山本・東方 : 蛍光ランプへの磁界印加効果とその応用性 ; 昭和60年照学全大, p. 21.

(604) . 佐々木・寺尾 : メタルハライドランプのチラツキ ; 昭和60年照学全大, p. 31.

(605) . 山田・大野・大竹 : 任意波形光発生装置 ; 昭和60年照学全大, p. 93.

(606) . 大竹・猪野原・武内 ; 光波形とちらつき感覚 ; 昭和60年照学全大, p. 94.

(607) . 大谷・折笠・馬場・加茂部 : Sc-Naメタルハライドランプのチラツキ現象 ; 昭和61年照学全大, p. 31.

(608) . 大竹・猪野原・武内 ; 光源のちらつきの評価方法 ; 昭和60年電気関係学会関西支部連大 ; G309.

(609) . 田淵・中村・木本 : フーリエ級数展開による異形波交代光波形光源のチラツキの評価 ; 昭和60年電気関係学会関西支部連大, G310.

(610) . 山田・大野 : ちらつき実験用任意波形光発生装置の応答特性の改善 ; 昭和60年電気関係学会東海支部連大, p. 352.

(611) . 山口・前田・家村 : 高圧水銀ランプ遅相点灯回路の高調波解析 ; 照学誌, Vol. 68, No. 6, 昭59, p. 243~247.

(612) . 田淵・中村・木本・松尾 : 異形波交代光波形光源のちらつきの主観評価とその評価指数 ; 照学誌, Vol. 69, No. 6, 昭60, p. 267~273.

(613) . 川上・小久保 : 光源発光波形の商用電源周波数成分によるちらつき評価 ; 照学誌, Vol. 69, No. 6, 昭60, p. 291~297.

(614) . 大竹・猪原・武内 : 光源のちらつきの評価方法 ; 照学誌, Vol. 70, No. 2, 昭61, p. 51~54.

(615) . 木村・松尾 : 磁界印加によるエンドフリッカ抑制技術—ちらつきを抑制した学習用スタンド“Love eye”の開発— ; 松下電工技法, No. 28, Feb.

1984, p. 33~37.

(701). 磯・元橋: 八王子市庁舎の点滅形誘導灯; 昭和58年照学東京支部大, p. 20.

(702). 省エネルギー化を計った建物における照明設備; 昭和59年照学全大, p. 97~98.

(703). 新明・横山・木村: 勝田伊勢甚百貨店の照明設備; 昭和59年照学全大, p. 102.

(704). 洞口・森・片山・広田: テレビ会議室の照明設備; 昭和60年照学全大, p. 114~115.

(705). 田淵: 昼間人工照明制御システム; 照学誌, Vol. 69, No. 7, 昭60, p. 488~494.

(706). 三瀬・島田・安田・中川・鳥居: 省エネ照明制御システム(N-MAST 240)の開発—マイクロコンピュータを応用した大規模制御システムへの展開—; 松下電工技報, No. 27, Aug. 1983, p. 23~30.

(801). 平山: 可変リレーケージトランスを用いた連続調光可能な蛍光灯用インバータバラスト回路; 昭和57年照学連大, p. 38~39.

(802). 三谷・宮本: 電子安定器向電源平滑用電解コンデンサについて; 昭和57年照学全大, p. 40.

(803). 湯原・延原・三井・今泉: 電子安定器用フェライトトランス; 昭和58年照学東京支部大, p. 4.

(804). 谷河・山本・高倉: 蛍光灯用サーマルスタータの一考察; 昭和59年照学連大, p. 22.

(805). 関・千葉・志田・村上: 感温磁心の蛍光灯点灯回路への応用; 昭和61年照学東京支部大, p. 5.

(806). 照明学会関西支部照明器具特性の経時変化調査研究委員会: 蛍光灯安定器の寿命に関する調査研究; Vol. 70, No. 1, 昭61, p. 25~30.

(901). 野本・川端・鳥居・細谷: 電子化電球形蛍光灯の特性; 昭和60年照学全大, p. 11.

(902). 吉川・能見・今井: 電子安定器を使用した高光束(1000lm)電球形蛍光灯; 昭和60年照学全大, p. 19.

(903). E. W. Morton, H. V. Smith, R. G. Young: Computer simulation of fluorescent lamp/ballast systems; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 13, No.

- 1, October 1983, p. 145~156. 登州：田野・塚大。(8101)
- (904). P. C. Ward: Estimation of HPS lamp voltage rise as a function of ballast characteristic curve parameters; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 13, No. 1, October 1983, p. 157~161.
- (905). I. Levin, J. A. McFarlen, Jr: Performance characteristics of fluorescent lamp and ballast combinations; J. Illum. Engng. Soc., Vol. 13, No. 1, October 1983, p. 162~173.
- (906). 杉山・延原・湯原・大沢：高効率蛍光灯照明システム—高周波点灯ランプ・安定器の開発—；東芝レビュー，Vol. 30, No. 3, 昭59, p. 200~203.
- (1001). 熊田・大西：ミシン作業用器具；昭和58年照学東京支部大，p. 6.
- (1002). 恒川・土橋・佐藤・新藤：冷陰極形蛍光ランプの基礎特性；昭和59年照学全大，p. 17.
- (1003). 今村・斎田・恒川・峰・近藤・岡田・井手・西川：大型カラーディスプレイ用蛍光放電管の開発；昭和59年照学全大，p. 20.
- (1004). 杉浦・榎本：小形メタルハライドランプの携帯用光源への応用；昭和59年照学全大，p. 35.
- (1005). 腰原・越智：携帯可能な高出力照明装置；昭和59年照学全大，p. 36.
- (1006). 宮下・川澄・村山・海和・内山：OCR用メタルハライドランプ；昭和59年照学全大，p. 37.
- (1007). 岩沢・上原・寺本：フッ素樹脂膜を被覆した漁業用メタルハライドランプ；昭和59年照学全大，p. 39.
- (1008). 河合・黒羽：高出力殺菌灯；昭和59年照学全大，p. 60.
- (1009). 井手・西村・清水・高橋・浜口・太田：移動形カラー映像表示装置（スーパーカラービジョン）の開発；昭和60年照学全大，p. 49.
- (1010). 黒川・岩永：メタルハライドランプを応用した耐候試験機；昭和60年照学全大，p. 51.
- (1011). 佐々木・犬飼・久野・高西：小形メタルハライドランプの特性改善；昭和61年照学東京支部大，p. 8.
- (1012). 弦田・広瀬：高出力紫外線殺菌装置の殺菌効果；昭和61年照学東京支部大，p. 15.

- (1013) . 大塚・徳田：映像機器用ショート・アーク放電ランプとその応用；電学光応用・視覚研究会LAV-83-18, 昭58-8.
- (1014) . 児玉・吉沢・小村・正田・大貫・伴：マイクロ波放電光源装置；電学光応用・視覚研究会LAV-83-19, 昭58-8.
- (1015) . 田中・荒川：大出力低圧水銀灯；電学光応用・視覚研究会LAV-83-20, 昭58-8.
- (1016) . 安達・白浜：遠紫外線／オゾンによる固体表面処理；電学光応用・視覚研究会LAV-83-21, 昭58-8.
- (1017) . 河本：「光放射応用工学」最近の動向；電学光応用・視覚研究会LAV-83-23, 昭58-11.
- (1018) . 河合：放射の工業応用と光源；電学光応用・視覚研究会LAV-83-24, 昭58-11.
- (1019) . 壬生：殺菌灯の高出力化とその応用；電学光応用・視覚研究会LAV-83-25, 昭58-11.
- (1020) . 西勝・安西・渡部：近赤外発光放電灯とその応用；電学光応用・視覚研究会LAV-84-14, 昭59-2.
- (1021) . 広瀬・田中・錦：紫外線による水処理について；電学光応用・視覚研究会LAV-84-26, 昭59-8.
- (1022) . 西山・重田：情報機器用光源——測光量による光学情報読み取り用光源の放射の実用評価——；電学光応用・視覚研究会LAV-84-27, 昭59-8.
- (1023) . 金子・神谷・中瀬・今村：高輝度放電管方式による大形カラー映像表示装置——スーパーカラービジョン——；東芝レビュー, Vol. 39, No. 3, 昭59, p. 907~910.
- (1024) . 安西・西勝・山際・三村：近赤外撮像暗視システム；三菱電機技報, Vol. 58, No. 7, 昭59, p. 509~512.
- (1025) . 大貫・正田・児玉・名取・吉沢：新マイクロ波放電光源装置；三菱電機技報, Vol. 59, No. 9, 昭60, p. 663~666.
- (1026) . 戸村・鮫島・満田・上野・渡辺：高解像度2色ファクシミリ《MELFA-S 8500》；三菱電機技報, Vol. 57, No. 6, 昭58, p. 423~427.
- (1027) . A. Inoue and K. Honda: Instant Start Miniature Metal Halide Lamp; 4th International Symposium on the Science and Technology of Light Sources, Karlsruhe (1986).
- (1028) . 松下・金子・光行：低温形紫外線照射装置；東芝レビュー, Vol. 41, No. 2, 昭60, p. 169~172.

あ と が き

本報告書は、電子点灯回路の実用化のための技術開発の動向について調査した結果をまとめたものである。

幸いにして、各委員は永年この分野で研究開発に従事されてきた学会、業界の権威者であり、報告書の内容はこれからの点灯回路実用化のための技術的指針として大いに活用いただけるもの考える。

なお、時間的な制約もあり、国外の動向や実用化されていない研究成果、特許などについては資料不足で大部分省略された。

本調査は62年3月をもって一応区切りをつけたが、放電灯点灯回路の電子化に関する研究調査はいまなお、各方面で活発に行われている。従って、これらの研究調査活動は学会の主要課題として今後とも継続して進められる必要がある。

HID ランプ用電子点灯回路の早期実用化、コストパフォーマンス、信頼性の問題、電子点灯回路のメリットを生かし情報・産業分野への利用拡大、試験・評価法の標準化などの課題は今後の検討課題として以後に設置される委員会に引き継ぎたい。

