S-4 HIDランプ用点灯回路技術の現況とその動向(1)

○青池 南城(東芝ライテック(株)) 水野 銈章(名古屋工業大学)
仙葉 和久(日立照明(株)) 山崎 広義(三菱電機(株))

1. まえがき 平成3年7月～平成6年3月末の期間に照明学会に設置された「HIDの電子バラスト点灯システム研究調査委員会」の成果である調査報告書を基にHIDランプ用点灯回路技術の現況とその動向について報告する。

2. 電子化の効果 安定器の電子化の主な目的は小形軽量化と低電力損失化である。これらの効果は半導体を使用することにより容易に高電圧パルス電圧を発生させることが出来二次電圧を低減できることや、ランプの点灯周波数、点灯波形を比較的自由に選定できることによる。これにより磁気回路式安定器に比べ約10%の省電力が可能であり、重量比で10～20%、容積比で30～60%の軽量小形化が可能である。この他に瞬時再始動光出力のちらつきの防止、電源変動に対してランプ電力を一定に出来ることからランプ寿命を改善できること、メタルハライドランプのあってはパルス点灯により色温度をある程度変えることが出来るなどの効果がある。

3. 音響的共鳴現象の回避 HIDランプの場合、点灯周波数(正弦波)が発光管内音響的共鳴周波数の点灯周波数の2倍とほぼ等しいときに放電不安定が生ずる。極端な時には立ち消えやランプが破損する場合がある。この放電不安定性は数kHzから数百kHzまでにもおよび、HIDランプ点灯回路の電子化の為にはこの問題を解決する必要がある。

(1) 共鳴周波数帯域を避けた周波数での点灯

共鳴周波数帯域に囲まれて安定に点灯する窓領域で点灯する方法とすべての音響的共鳴周波数を越えた高い周波数で点灯する方法である。小形メタルハライドランプHQI-TS70Wは図1①のように20～100kHzでは安定点灯周波数がなく安定点灯する窓領域周波数の点灯は出来ない。このランプでは150kHz以上で点灯すれば安定点灯する。さらにISM周波数(一例13.56MHz)で無電極点灯することも研究されている。

(2) 矩形波点灯 矩形波点灯はランプ電力の変化がなく発光管の圧力変化も生じないためどのような周波数で点灯しても放電の不安定現象は起こらない。実用上は10～数百Hzの周波数が使用されこの方式が最も普及している。図1④は実用回路として高周波チョップと矩形波インバータで構成したことを想定した放電安定性を示している。

(3) 第三高調波重畳点灯 正弦波に第三高調波を重畳して略矩形波点灯するもので図1②のように正弦波①と比べ安定点灯する領域が広い。

(4) 周波数変調点灯 図1③のように100kHz以下でも安定点灯する領域が現れる。最近では高周波の毎サイクル毎に波長を極端に変化させた安定点灯方法も研究されている。

(5) 安定周波数追尾点灯 安定周波数を自動的に探しながら点灯する方法である。

(6) ランプの改良による回避方法 発光管の形状を工夫して安定点灯しやすいランプの研究も行われている。

図1. HQI-TS70W各種点灯方式の放電安定化

Trends of electronic circuit technologies for operating HID lamps
Nannjou Aoike, Toshiaki Mizuno, Kazuhisa Senba, Hiroyoshi Yamazaki

4. 電子点灯回路技術

(1) 直流点灯回路 HIDランプの

直流点灯は音響的共鳴現象による放電不安定がなく光出力のフリッカーが少ない利点があるが、メタルハライドランプでは色分離が生ずる問題がある。このため色分離の影響が少ない電極間距離が短い数十W程度の小形メタルハライドランプへの応用が研

究されている。図2は自動車用ヘッドライトランプなどを用途として開発された35Wメタルハライドランプ用直流点灯装置の回路構成である。バッテリーからの直流電源をインバータで昇圧してトランスの二次側出力電圧を整流平滑した後、チョッパー回路部でランプ電流を所要値に限流制御する。更に瞬時再始動回路を経てランプを点灯する。

最近では液晶プロジェクター用光源としての応用が検討されている。

(2) パルス点灯回路 HIDランプのハルス点灯は商用周波数での

毎サイクル点弧回路の放電維持の為にハルスエネルギーを供給する場合と演色性、色温度を変える目的での本来の意味でのハルス点灯がある。図3は後者の目的でランプの特性がパルス点灯によってランプの特性がどのように変化するかを検討するためのランプ電流波形である。表1に示す

表1. 供試ランプの仕様

ランプ	タイプ	管径	電極間距離	発光管材質	入力
No.1	高演色形	13mm	60mm	多結晶アルミナ	450w
No.2	演色改善形	9mm	70mm	多結晶アルミナ	360w
No.3	高効率形	10mm	80mm	サファイア	360w

ランプを周波数100Hz(直流)、デューティ比20%、放

電維持電流0.2Aの条件で点灯したときのランプの特性が商用周波数の場合と比べて表2のように変化する。発光効率が幾分下がるが相関色温度が500K程度上昇する。

(3) 矩形波点灯回路 ランプ電圧電流を矩形波で点灯する方式はランプの種類によらず音響的共鳴現象を確実に防止できることから現在最も普及している方式である。図4にHQI-TS70W用の矩形波点灯装置の回路構成を示した。電源整流ブリッジにより全波整流しFETQ₁を通じてLに電流を流しQ₂がオフした時Lに蓄積したエネルギーをD₃を通じてC₂、C₃に蓄積し矩形波発生回路への直流電源を構成するとともに入力力率を高力率にしている。矩形波電流発生部分はランプに所要な矩形波の周波数(数十Hz~数百Hzに選定)の半サイクルの間スイッチQ₁を数十kHzでスイッチング(Q₂はon)しC₂からの電荷を限流チョークL₁を介してランプに供給する。次の矩形波の半サイクルの間Q₂を数十kHzでスイッチング(Q₁はon)しC₃からの電荷をL₁を介してランプに供給する。C₁はQ₁、Q₂の数十kHzのスイッチングによるランプ電流高周波リップルを平滑する程度に選定し高周波リップルの少ない矩形波を発生する。表4は図4とは幾分異なる回路方式(電源整流回路は倍電圧方式)の矩形波点灯方式の特性例である。磁気回路式に比べ省電力、軽量化に貢献することが分かる。

図2. 35Wメタルハライドランプ直流点灯回路

図3. パルス点灯のランプ電流波形

表2. ランプ特性の比較

ランプ	Ra		相関色温度		光効率比	総発光パワー比
	パルス点灯	正弦波点灯	パルス点灯	正弦波点灯		
No.1	87.1	87.3	2950K	2490K	0.876	0.837
No.2	61.2	63.0	2580K	2250K	0.917	0.918
No.3	32.5	22.0	2520K	2050K	0.877	0.892

図4. 矩形波点灯方式の回路構成例

表4. 矩形波点灯の特性例

		電子式	鋼鉄式
入力電圧 (V)		100	100
入力電流 (A)	安定時	1.4	2.3
	始動時	0.6	2.8
入力電力 (W)		83	92
重量 (kg)		0.6	2.6