



力率改善回路+定電流制御回路+
降圧型 DC-DC で定電力駆動

HID ランプ用
電子バラストの設計と製作

田中 穂積
Hozumi Tanaka

本稿では、施設照明用 HID (High Intensity Discharge) ランプの電子バラストの設計例を紹介します。

同じ HID ランプでも、施設照明用 HID ランプ(写真 1)と車載用 HID ランプ(写真 2)とでは、構造や電気的な挙動が大きく異なります。

本稿でターゲットとする施設照明用 HID ランプは、商用交流電源 50 Hz、または 60 Hz を使った銅鉄バラストを基本として設計されているので、ここで製作する電子バラストもこれに基づいて設計します。

HID ランプの特徴と設計目標

● HID ランプの特徴

HID ランプには、水銀ランプ、メタル・ハライド・ランプ、高圧ナトリウム・ランプなどがあります。なかでもメタル・ハライド・ランプは、演色性が良く、発光効率も高いことから店舗照明やイベント施設などで幅広く使われています。また、蛍光灯に比べて点光源に近いことから、良質な配光特性を得るための反射傘が作りやすいといった特徴もあります。

一方、ランプを始動させるためには 2 kV 以上の高電圧が必要となり、所定の明るさになるまで数分の時間を要するといったデメリットもあります。さらに、いったん明るく発光したランプの電源を OFF した場合には、冷却時間を十数分おかないと再始動(ホット・スタート)できないといった問題もあり、点滅を繰り返すような用途には適していません。車載用 HID ランプはこの点を解決したものです。

● HID ランプと銅鉄バラスト

HID ランプなどの放電管は負性抵抗をもつため、定電圧電源に直接接続することはできません。定電圧電源に接続するためには、ランプと電源の間に何らかの電圧降下の機能をもつ素子を挿入して電流制限します。その素子はインダクタ(コイル)のほかコンデンサや抵抗でもかまいませんが、一般にコイルで構成したものを銅鉄バラストといいます。

図 1 に銅鉄バラストの回路例を示します。ランプ電圧 80~90 V に対し、電源電圧が 100 V では電圧降下が 10~20 V となってしまい安定性を保つのが困難になります。したがって、電源電圧を昇圧トランスで昇圧し、チョーク・コイルを介してランプへ供給します。昇圧トランスとチョーク・コイルは、図 1 のようにリーケージ・トランスで一体構造とする例が多いようです。

● HID ランプの動作点

HID ランプを定電流電源で駆動すると、図 2 のようにほぼ定電圧特性であることがわかります。したがっ

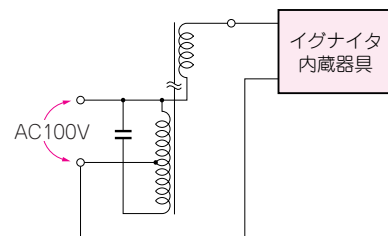
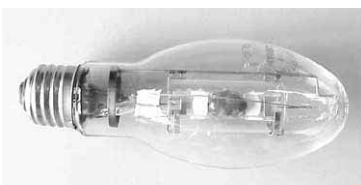
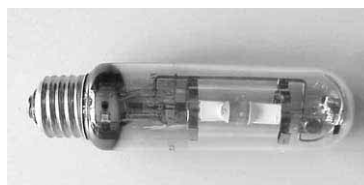


図 1 銅鉄バラストの回路例



(a) HQI-E70W/NDL/CL(オスラム)



(b) MT70SW(岩崎電気)

写真 1 施設照明用 HID ランプのいろいろ



写真 2 車載用 HID ランプ

て、電流と電力は比例に近い関係となります。

ランプ電圧は個々にばらつきがありますが、始動時20 V前後、定常時90 V前後と時々刻々上昇し、寿命末期の定常電圧はさらに高くなります。この $I-V$ カーブに電子バラストの駆動特性カーブを重ねて交差したところが動作点となります。

● 電子式バラストなら各種の負荷に対応

HID ランプは、始動条件の複雑さなどからランプごとに特定のバラストが指定されています。したがって、ランプの機種変更や明るさ(ワット数)の変更を余儀なくされる店舗照明や水槽用の照明などでは、ランプとともにバラストの入れ替えが必要になってしまいます。その点、電子バラストは銅鉄型バラストに比べて始動時性能の作り込みや駆動電力の変更が容易です。

そこで、設計目標として複数メーカーの70 W、100 W、150 Wのランプに対応する電力切り替え型とします。

電子バラストを構成するスイッチング回路は、机上設計よりも実践のほうが肝心です。しかし、実験中に多くのデバイスを破壊させてしまったり、過電力で高価なランプを壊してしまうこともあります。

また、前述のようにHIDランプはホット・スタートができないので、実験中に電源をOFFした場合には次の実験まで十数分待たなければなりません。この問題を解決する方法がシリカ電球によるダミー負荷で、高額なアクティブ・ロードよりも有効です。

照明用バラストの基本回路

● 昇圧AC-DC+降圧DC-DC+フル・ブリッジ

施設照明用HIDランプの電子バラストの回路構成を図3に示します。

AC電源から昇圧型のAC-DCコンバータを使って180 W/300 Vを得ます。そして、PWM制御で出力が可変できる降圧チョップパを介して300 Vからランプ用の電圧(20~90 V)を作ります。この降圧型チョップパは、よく見かける5→3.3 Vの同期整流型降圧チョップ

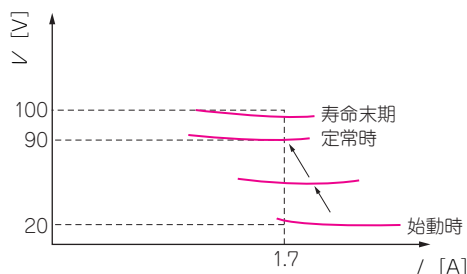


図2 HIDランプ(150W)の $I-V$ 特性

パと同じ動作原理です。扱う電圧が異なることと動作範囲が広いことが特徴となります。

この直流電圧を次段のフル・ブリッジ回路を使って交流に変換します。このフル・ブリッジ回路のスイッチング周波数は商用周波数に近い55 Hzですが、精度は必要ありません。銅鉄バラストとの違いは、この交流が銅鉄バラストでは正弦波であり電子バラストでは方形波であることです。

もし、フル・ブリッジを通さずに直流でランプを点灯させると、電極の片減りによってランプの寿命が短くなります。

● 電力エラー生成方式の検討

降圧型チョップパの出力は定電圧に近いので、ランプの状態をモニタし何らかの制御が必要となります。また、この制御系の応答はフル・ブリッジの反転レートよりも速くしなければなりません。電力エラーの生成は、以下のようにいくつかの方式が考えられます。

(1) 定電流駆動方式

図4のように、フル・ブリッジの電源電流をPWM制御回路にフィードバックして定電流駆動した場合には、ランプ電圧のばらつきが駆動電力のばらつきに反映されてしまいます。また、始動中にも電流が定常値で制限されてしまい、好ましい駆動方式ではありません。

(2) アナログ乗算器による定電力駆動方式

図5のように、フル・ブリッジへ与える電圧と電流をアナログ乗算器(アナログ・マルチプライヤ)で乗算して目標電力と比較し、PWM制御回路へフィードバックする方式です。オフセット調整をしないアナログ乗算器では、図5(b)のように I または V が小さい領域で誤差が大きくなります。

また、アナログ乗算器の温度特性にも問題があり、発熱する部品の多い基板上に共存させるとICの温度不均衡により大きなドリフトを生じるリスクがあります。

(3) デジタル演算による定電力駆動方式

図6のように I と V をA-D変換してマイコン、またはDSPに取り込み、乗算をデジタル処理して精

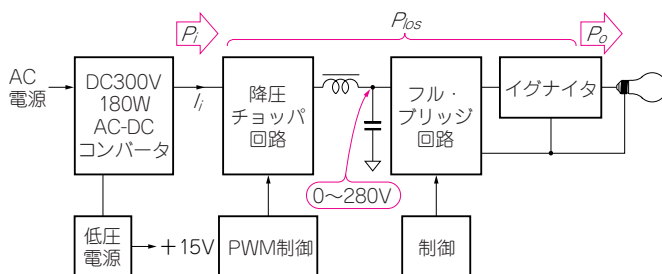


図3 電子バラストのブロック図