



第8章 自動車用HIDランプを駆動する スイッチング・パワー回路

定電力スイッチング電源の 設計と製作

西形 利一
Toshikazu Nishikata

最近、まぶしいくらいの明るさで光るヘッド・ライトを搭載した自動車をよく見かけませんか？

このヘッド・ライトには、高輝度放電ランプ(HIDランプ)と呼ばれるランプが使われています。HIDは、High Intensity Dischargeの略です。写真1に、HIDランプの一種であるメタル・ハライド・ランプの外観を、図1にその構造を示します。

このHIDランプを点灯する回路は、一定の電力を出力するPWM制御のスイッチング・パワー回路です。本章では、第7章まで説明のあったパワー回路の実用的な設計例として、35W一定の電力を出力するスイッチング電源回路を紹介しましょう。

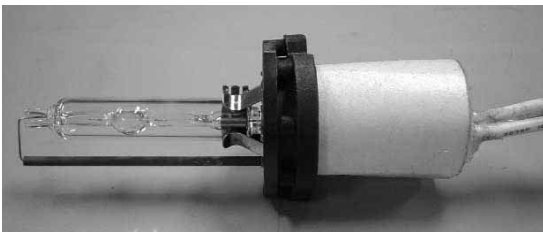


写真1 HIDランプの一種メタル・ハライド・ランプの外観

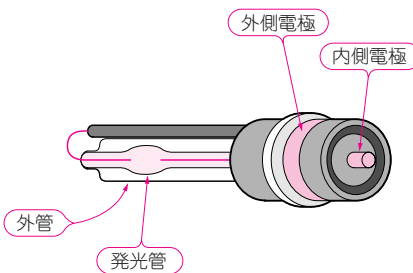


図1 メタル・ハライド・ランプの構造の例

図2に示すように、本回路は一定の直流を出力する定電力スイッチング電源と、DC-AC変換回路から構成されています。紹介する定電力スイッチング電源の仕様を下記に示します。

- 出力電圧：85V(無負荷時380V)
- 出力電力：35W
- 入力電圧：約10V~16V
- 最大出力電流：約0.5A

定電力スイッチング電源は、スパッタ放電や溶接などの放電を利用するシステムや、ランプの放射強度の変動を小さく抑える超高圧水銀ランプの安定器などにも使われています。

放電ランプの基礎知識

● ふるまい

自動車用の放電ランプは、高圧放電灯のメタル・ハライド・ランプに分類されます。キセノン・ガス、水銀、ようか沃化金属などが封入されています。放電ランプは白熱電球に比べて発光効率がが高く、長寿命で発光色が自然光に近いという特徴があります。

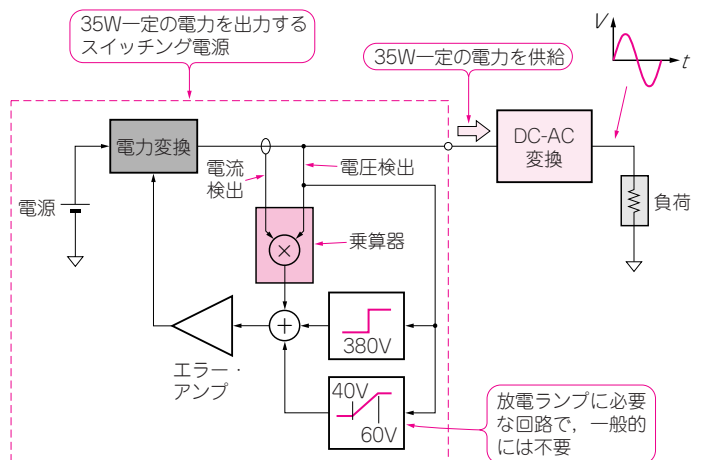


図2 設計する交流出力の定電力電源回路のブロック図

放電ランプに必要な回路で、一般的には不要

放電ランプが冷えているときは、水銀や沃化金属は、液体または固体の状態になっています。放電が始まるとキセノン・ガスが発光して放電ランプ内の温度が上昇し、水銀が気化して水銀灯として動作します。さらに温度が上昇すると金属発光になり、定常状態では金属発光が支配的になります。これらの状態を経て放電ランプ内部の蒸気圧が定常値に達するまでには数分かかります。

● 駆動回路から見た特性

一般に、**放電ランプは定電圧特性に近い特性を示します**から、点灯を維持するには駆動電流を制御する必要があります。しかし、ランプ電圧は完全な定電圧挙動ではなく、個体差や、ランプ極間の摩擦、周囲温度の影響など、点灯時間の経過によって、30 Vほど変化します。

また、**駆動電力が定格電力より多すぎても、少なすぎても寿命が短くなる**という性質があります。通常明るさを一定にし、**寿命を長く保つために定電力電源で駆動します**。

放電ランプは非点灯時は導通がありません。放電開始直後のランプ電圧は20 V程度まで低下します。放電ランプ内の温度上昇とともに管電圧は徐々に上昇し、定常時には約85 Vになります。

図3に、手元にある放電ランプを300 Hzの矩形波で定電流駆動したときの電圧の変化を示します。**0.3 ~ 0.5 Aの範囲でほぼ定電圧特性を示します**。0.3 A以下では放電を維持できませんでした。

● 駆動方法のいろいろ

放電ランプの駆動方法には、直流駆動、高周波(数百kHz)の正弦波駆動、低周波(数百Hz)の矩形波駆動などがあり、それぞれ次のような特徴があります。

低周波矩形波点灯方式は、周波数が数百Hzと低いいためスイッチング周波数のリップル電流を規定値以内に抑えれば、基本的には音響的な共鳴現象は発生しません。駆動信号の正と負が交互に入れ替わるため、シン

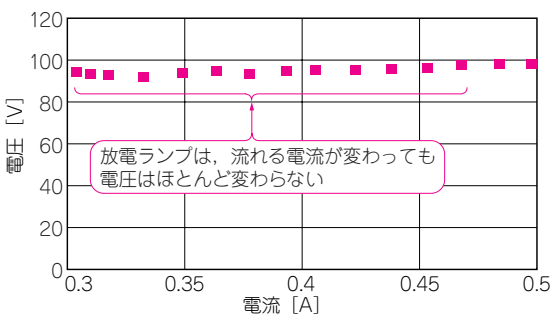


図3 放電ランプの電圧は電流の大きさによらず一定

ブルな電極構造の放電ランプを利用できます。今回の駆動回路や市販品はこの方式を採用しています。

直流駆動は、駆動回路の規模を小さくできますが、放電ランプの陽極が電子の突入によって高温になるので、電極が専用に設計されている必要があります。

高周波駆動は、特定の周波数で放電ランプが共鳴し、ちらつきや消弧が起きたり、放電ランプが破裂するなどの不具合があります。これを避けるために、駆動周波数を100 k ~ 1 MHzに設定すると、電力効率が下がったり、不要輻射電波が増えるなどの副作用があります。

● 冷間始動時は大電流を流し込む

放電ランプが冷えているときは20 V程度までランプ電圧が低下します。

市販のインバータ式蛍光灯では、点灯直後は暗く次第に明るくなるものがありますが、同じように定格の定電流で駆動したのでは、投入電力が低すぎて光出力が小さくなります。**ヘッド・ライトのような応用では、一時的に投入する電流や電力を増やして管内の温度をすばやく上げる必要があります**。ただし、無制限に大きくすると放電ランプの寿命劣化が進むので、75 W以下または2.6 A以下に抑えます。

● すばやくアーク放電に移行させ安定動作を維持する

グロー放電からアーク放電へすばやく移行させるためには、数A ~ 数十A程度の突入電流を流す必要があります。放電開始初期はアークを安定させるために低い周波数で駆動します。一瞬でも保持電流以下になると、放電が途切れてしまいます。電源の制御帯域を数kHz以上にして100 μs程度の間にこれらの動作を完了する必要があります。

定電力スイッチング電源部の設計

図1に示したように、定電力スイッチング電源部は、電力変換を行うトランスとパワーMOSFET、電流を検出する抵抗、乗算器、出力電圧を380 Vにクランプするコンパレータ、40 ~ 60 Vで動作するコンパレータからなります。全回路を図4に示します。

● ON-OFF型の昇圧タイプを採用

本電源回路は、12 Vの電源から85 Vの電源を生成する昇圧型のスイッチング電源です。今回採用したスイッチング電源の回路方式はON-OFF型です。

図5に示すように、ON-ON型はスイッチング素子がONしている期間に電力を伝送する方法です。図6に示すように、**低電圧で大電流を扱えるタイプ**です。

ON-OFF型は、スイッチング素子がONしている