

AC LED照明製品の応用分野をニッチな用途以外に拡大する

ローラ・ピーターズ

AC LEDアセンブリは、DC LEDアセンブリと同等の光出力レベルと効率を実現できる場合が多く、またAC-DC変換が不要である。しかし、ニッチな用途以外にその応用分野を拡大することはできるのだろうか？

AC LEDは、概念的には美しいものである。DC LEDが必要とするAC-DCコンバータなどの電子部品は不要で、AC電源とLEDの間の電子回路は簡素化される。実際、AC LEDを採用する場合は、電源電圧または低電圧ACトランスからの直接動作が可能となり、用途によっては、LEDパッケージとバラスト抵抗器のみというシンプルな構成にすることができる。その一方で、AC LEDを採用するには、電力管理(力率補正や全高調波歪み(THD))の最適化が必要となる場合もある。これまでAC LEDの応用分野は、コーブ照明、庭園照明、装飾照明といったニッチな用途に限られていたが、AC LEDアセンブリメーカーは、将来的にはAC LEDをLEDレトロフィットランプ市場全体に適用できるようになると主張している。

本稿では、AC LEDパッケージ、アセンブリ、ライトエンジンの市場提供状況を紹介し、DC LEDよりもさらにシームレスにAC配電網システムと統合するように設計されたAC LED採用手法の背景にある理論について説明する。また、MR16ランプ、Aランプ、ダウンライトといった交換ランプ市場におけるAC LEDの可能性についても掘り下げる。

AC LEDとは

まず、AC LEDが実際には誤った名称であることを指摘しておかなければ

ならない。LEDとは、(直流電流のように)電流が一方向に流れるダイオードである。しかし、いわゆるAC LED構成では、LEDを主電源(一般的には110V/60Hzまたは230V/50 Hz)に直接接続して、一般的なドライバを使用することなく光を出力することができる。ACの正弦波形の各半周期において、LEDの半数は発光しており、残り半数は発光していない。次の半周期ではこの状態が反転する。「True AC」または逆並列手法と呼ばれることもあるこの構成において、直列に接続された多数のLEDは、電源電圧から直接動作することができる。

しかし、この手法によって構成されるLED「列」の効率は限られる。そのため、米リンクラブス社(Lynk Labs)、韓国のソウル半導体社(Seoul Semiconductor)、台湾のエピスター社(Epistar)などのAC LEDメーカーは数年前、簡単な制御回路によって低電圧から高電圧までのAC電圧から直接動作するLEDの製造を開始した。これには、低電圧のダイレクトAC LEDから高電圧の整流LEDまでが含まれる。今日のLEDは通常、12Vから240Vまでの電圧に対応する。例えば、ある一般的な設計手法では、直列に接続されたLEDを使用して、110Vの電源電圧に対し、立ち上がりエッジと降下エッジにおいて55Vのピーク電圧を実現している。ACおよ

びDC LED、アセンブリ、パッケージを製造するソウル半導体社の北米地区担当バイスプレジデントを務めるブライアン・ウィルコックス氏(Brian Wilcox)は、「これは実際に、高電圧アーキテクチャを採用したAC実装である」と説明した。

一方、DC LEDの場合は、AC電源インフラを調整してLEDライトエンジン用のDC低電圧安定化電源を提供するためにドライバが必要になる。7WのMR16ランプの場合で、このドライバには、AC-DCコンバータ(通常は大容量の電解コンデンサ)と、最大で20個にも及ぶその他の電子部品が含まれ、ドライバボード上に集積される。高電圧の用途に対しては、部品数はさらに多くなる。しかしウィルコックス氏は、電子回路構成はよりシンプルであるものの、AC LEDの問題は、「全高調波歪みなどの問題を除去し、力率補正を改善し、ゾーン調光機能を実現しなければならない点にある。この3つはいずれも容易ではない。3つすべてを同時に実現しようとするとならざるに難しい」と述べた。

実際、これらの制約とDCの場合よりも効率が低い点が、これまでAC LEDの普及を阻んできた要因であると言える。しかし、最近のAC LEDと高電圧製品によって、これらの問題点はほぼ解決されている。また、新しい設計で

はフリッカー(ちらつき)の問題にも対処している。AC LEDパッケージ、アセンブリ、およびドライバを製造するリンクラブ社の最高経営責任者(CEO)を務めるマイク・ミスキン氏(Mike Miskin)は、「AC LEDにはフリッカーが生じると言う人が多い。しかし実際にはフリッカーは、AC LEDの空間的間隔に起因するものであり、LEDの間隔が大きすぎる場合に生じる。50Hzまたは60Hzにおける整流成分を目は認識することができる」と述べた。同社の最新製品には、高周波設計が採用されているものもあり、電子トランスなどの手法によって電圧を降下させ、(1000Hzまたはそれ以上の)高周波信号を生成することによって、フリッカーが問題にならないようにしている。

このような工夫の結果として登場した最新のAC LEDライトエンジンは、既存インフラとの互換性に優れ、部品数が少ないために照明器具の信頼性が高く、また、市場投入までの期間も短縮できる可能性がある。

AC LEDの種類

ミスキン氏によると、市場に提供されているAC LEDは基本的に、低電圧AC、高電圧ダイレクトAC、高電圧整流ACの3種類に分類されるという。低電圧ACは、磁気トランスまたは電子トランスを持つ12Vまたは24VのAC電源で動作する。低電圧ACは通常、ACからDCへと自己整流を行う。屋外庭園照明やコーブ照明、および線形の小売照明に利用されている。高電圧AC(15~55V)は、LEDが半周期ごとにパルスDCモードで駆動されるブリッジ整流構成を採用する。高電圧整流



図1 220Vにおいて、ソウル半導体社の16Wのダウンライト・アセンブリは、3000KのCCTと120°の視野角で1250lmを実現する。

ACでは、電圧曲線におけるピーク時に電流が高くなりすぎて、LEDに損傷を与えることのないように、何らかの電流制御回路が組み込まれる。

電源電圧レベルに合わせて複数のAC LEDを直列に接続して動作させることができるため、AC LED技術はスケラブルであると言える。この方法で、12V~277VのACを必要とする照明応用に対応できる。実際、AC LEDを共振周波数で駆動して最大限の効率を得ることも可能である。DCではこれは不可能である。リンクラブ社は、1つのランプが除去されたり故障したりしても残りのランプが有効に動作するように、AC LEDを共振周波数近くで駆動するための新しい手法を考案したとミスキン氏は説明した。「将来的には、実際のAC LEDチップまたはパッケージのRLC部品に合わせて高周波数が使用できるようになるとわれわれは考えている。これによってAC LEDシステムの効率を最大で98%にできる可能性がある」と同氏は述べた。

交換ランプの設計

低電圧AC設計と高電圧AC設計の

現在の主要なターゲット市場は、交換ランプ市場である。これには、G4、G8、GU10、およびMR16ランプといった小型ランプに加えて、シャンデリア用のB10交換ランプなどが含まれる。Aランプ、BRランプ、蛍光灯用の線形の交換モジュール向けの製品も、企業によって設計されている。

ダウンライトは、AC設計の主要なターゲット市場である。ダウンライト照明には、電子部品を追加するための余分なスペースがほとんど存在しない場合が多いためである。また、スペースが残っているならば、それを通常はヒートシンク用に空けておく必要がある。例えば、ソウル半導体社の16Wのダウンライト・アセンブリである「Acrich2」(図1)は、3000KのCCTと120°の視野角で1250lmのルーメン出力を実現する。

図2は、DC LEDを採用する製品(とその電子回路)と、AC LEDを採用する2種類の製品を比較したものである。直径わずか2インチ(約5cm)、長さ2インチ未満のMR16またはGU10ランプは、ACモジュールの主要な候補である。GU10ランプは電源電圧に直接接続する。

最終的には、コストと信頼性が、より確立されたDC LEDに代わってAC LEDを選択させるための促進要素となる。ウィルコックス氏は、「COB(Chip on Board)や表面実装部品(Surface Mount Device)によって、LEDのコストの40%を占めるパッケージコストは既に十分に削減した」と述べた。しかし、消費者が選択するかどうかの基準とされることの多い、10米ドルで60W相当の電球を提供するという目標は、LEDラ

ンプと照明器具の高い部品コストを削減しなければ達成することができないと同氏は主張している。「コストを段階的に引き下げるための最良の方法は、ドライバを持たないAC実装を採用することである」と同氏は述べ、大規模小売店に最初に並ぶ製品は、調光を必要としない交換ランプになると付け加えた。その一部はA19やBR30のようなサイズが大きめのランプになるという。

「60W交換電球が、2012年前半には15米ドル、2012年末までに10米ドルで、著名な複数の企業から販売されるようになる私は確信している。その一部はドライバを持たない製品になるだろう。これには、レトロフィット電球やダウンライト用交換ランプが含まれる。これらはまさに、その対象として適しているからだ」とウィルコックス氏は述べた。

アンビエント照明やアクセント照明(図3)も、AC LEDの主要な応用分野である。図に示されているのは、LEDモジュールと抵抗器である。

既に述べたとおり、これらの製品が市場に普及するには、DC LEDライトエンジンと同等またはそれ以上の光出力、効率、力率補正、THDを実現しなければならない。光出力と効率は、用途ごとに個別に比較する必要があるが、以下ではAC LEDの電力管理の問題について説明する。

電力管理

上述のように、力率補正やTHDという形での電力管理が不十分であることが、AC LEDの早期採用の妨げとなっていた。力率とは、皮相電力に対する、ランプや照明器具が実際に消費する電力の割合である。AC LEDを採用する場合、負荷は非線形になるため、

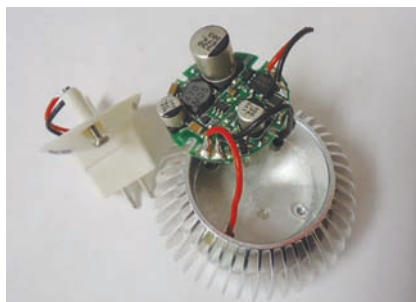


図2A DC LEDを採用するMR16ランプを分解した様子。



図2B リンクラブス社の12VのAC LED採用COBパッケージ。

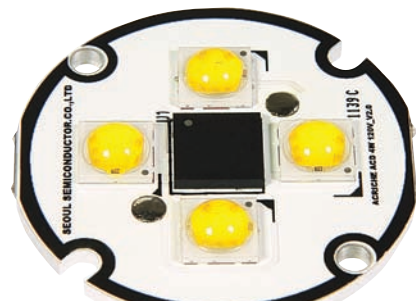


図2C ソウル半導体社の120VのAC LEDアセンブリは、4Wの消費電力で35W相当のMR16を実現する。



図3 リンクラブス社のアンビエント照明用の120V AC降圧モジュール「SnapBrite」は、2Wの消費電力で120 lmを実現する。

力率はさらに大きな問題となる可能性がある。

THDは、AC主電源の電圧正弦波形と比較した場合の電流波形の歪みを数値で表したものである。高調波とは、電力損失を引き起こす、基本電源周波数(50Hzまたは60Hz)の倍数における不要な電流のことである。本稿の範囲からは外れるが、ACライトエンジンにおけるTHDを低減するために、さまざまな種類の調整回路(抵抗器やスイッチモード電源など)が用いられている。

ウィルコックス氏によると、ソウル半導体社の「Acrich2」製品ラインでは、電力効率が90%、THDが25%未満となるように電力管理が最適化されているという。

調光

AC LEDを採用する場合の主要な利点の1つは、位相カット(トライアック)調光器との互換性である。「2%にまで調光することが可能で、これはかなりの利点である」とミスキン氏は述べた。加えてリンクラブス社は、AC LEDと電流制御部品を使用して、4000Kから2000Kへの調光時に光の色を暖色系にする技術を導入している。

結論

AC LEDライトエンジンは、特にレトロフィットランプに対して魅力的なプラットフォームである。ランプおよび照明器具メーカーがこれを採用するかどうかは、これらのソリューションの性能とコストが、より確立されたDC LEDアセンブリやライトエンジンと比較してどの程度であるかに依存する。60Wの白熱ランプと等価な10米ドルのLEDを製造するという目標に到達するのは、AC LEDかDC LED、またはその両方かもしれない。LEDJ