

# Experimental Research on PDM Dimming Technology of Electrodeless Lamp Electronic Ballast

Jingjing Xu

Jiangsu Huai'an Technician College, Huai'an, Jiangsu, 223000, China

## Abstract

In order to improve the electrodeless lamp dimming technology, this paper analyzes the operation principle of the electronic ballast, introduces the PDM dimming technology, and improves this technique to build a segmented dimming system. According to the different power section, set the value of the duty cycle  $n$  respectively, through regulation  $t_{off}$ , to achieve the purpose of dimming. The experimental test results show that the proposed dimming control scheme, can achieve the effective regulation of the output power.

## Keywords

PDM dimming; electrodeless lamp; segmented dimming

# 无极灯电子镇流器 PDM 调光技术实验研究

徐晶晶

江苏省淮安技师学院, 中国·江苏·淮安 223000

## 摘要

为了完善无极灯调光技术, 论文对电子镇流器作业原理进行分析, 引入PDM调光技术, 并对此项技术进行改进, 构建分段调光体系。按照功率段的不同, 分别为其设定工作周期 $n$ 数值, 通过调节 $t_{off}$ , 达到调光目的。实验测试结果显示, 论文提出的调光控制方案, 可以实现输出功率的有效调节。

## 关键词

PDM调光; 无极灯; 分段调光

## 1 引言

无极灯是一种寿命较长、光衰幅度较小、光色较为稳定的新型光源, 在多种场所有所应用<sup>[1]</sup>, 如广场、道路、厂房等。这种光源需要配合电子镇流器共同使用, 引入调光技术, 根据空间照明需求调节光源, 在满足照明需求的同时, 起到良好的节能作用<sup>[2]</sup>。目前, 应用比较多的调光技术包括 PAM 技术和 PDM 技术, 前者调光范围比较窄, 应用受限, 因此开发后者技术应用方案成为重点研究内容<sup>[3-4]</sup>。当前关于 PDM 技术的应用研究尚不全面, 设计的调光方案不够平滑, 且存在间断情况<sup>[5]</sup>。为了改善技术应用方案, 论文提出新的调光方案研究, 并采取实验分析的方式加以验证。

## 2 无极灯电子镇流器电路组成与工作原理

无极灯电子镇流器由控制电路、串联及并联谐振电路、

半桥逆变电路、耦合线圈等组成, 图 1 为该设备电路组成情况。

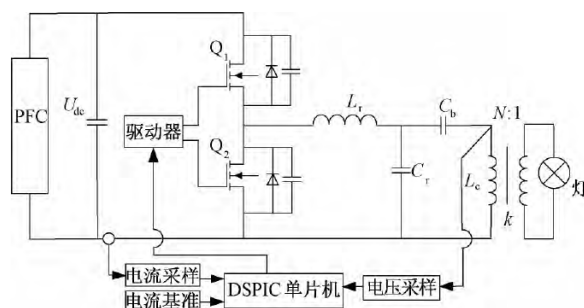


图 1 电子镇流器电路

该设备的作业在 DSPIC 单片机控制下, 对线路中的电压和电流进行采样, 根据采样结果, 下达控制命令, 并传输给驱动器, 以此达到调光目的<sup>[6]</sup>。其中, 调光驱动控制决定了调光技术质量, 论文对驱动方法展开深入探究。

**【作者简介】**徐晶晶(1985-), 女, 中国浙江宁波人, 本科, 从事电子电工研究。

### 3 PDM 调光技术及应用

#### 3.1 PDM 调光技术原理

本研究在以往对于 PDM 调光研究基础上, 对其作业原理进行探究, 调光作业原理如下:

$$P_p(D) \approx P_m \frac{M}{N} = P_m D \quad (1)$$

公式(1)中,  $D$  代表脉冲密度调制占空比, 计算方法为  $D=M/N$ ;  $M$  代表  $T$  工作时段内调光正常作业下的脉冲数量;  $N$  代表  $T$  工作时段内驱动脉冲总数量。其中,  $M$  取值为整数,  $N$  为固定值, 在此数值关系条件下, 产生的灯光控制为有级调光, 降低了调光操控的精准度, 同时产生的调光效果不佳, 存在间断情况。从公式(1)来看, 谐振频率  $f_0$  对应的输出功率与  $D$  之间呈现正比关系。按照此关系, 论文提出脉冲频率与关断时间  $t_{off}$  的关系, 建立 PDM 调控控制体系, 该体系的作业原理如图 2 所示。

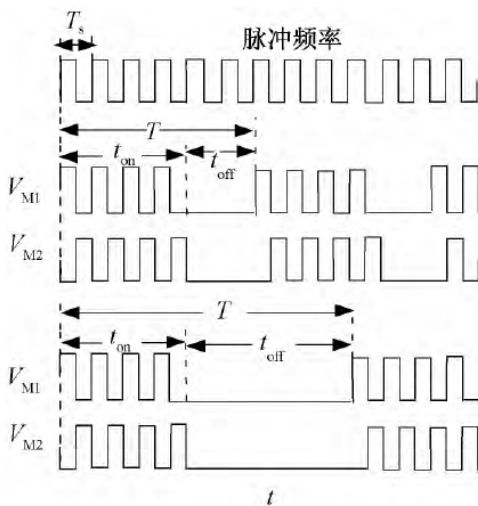


图 2 PDM 调光控制作业原理

该控制体系中,  $t_{off}$  代表调光关断时间;  $t_{on}$  代表正常作业时间。为了保证无极灯工作频率可以达到最低作业标准, 所以设置最小脉冲不得低于正常工作频率的十分之一, 对应的调光周期关系为  $T \leq 10T_s$ 。当调光时间在  $t_{on}$  以内时, 变换器开关管处于导通状态, 两个管道正常交替, 在此情况下输出的信号为正弦交流电压, 且信号完好无损。当调光时间在  $t_{off}$  以内时, 变换器开关管处于关断状态, 在此情况下变化期能量呈现出衰减变化趋势。

经过测试分析发现, 以周期  $n$  作为唯一变量调光时, 未能有效兼顾调光精度和调光范围。所以, 论文尝试引入分段调光方法, 在相同的光段中, 设定  $n$  为固定时, 以关断时间作为调节对象, 以此控制输出功率, 实现调光操控。

#### 3.2 调光方案设计

论文提出的调光方案将调光范围划分为 4 个功率段, 按

照功率段的不同, 分别为其设定工作周期  $n$  数值, 相应的调光控制数值的赋予关系如表 1 所示。

表 1 PDM 技术应用下的分段调光控制

序号	调光范围	T 变化范围	n 值
1	20%~30%	$6.67 T_s \sim 10 T_s$	2
2	30%~40%	$7.5 T_s \sim 10 T_s$	3
3	40%~50%	$8 T_s \sim 10 T_s$	4
4	50%~100%	$5 T_s \sim 10 T_s$	5

表 1 中设计的调光控制方案, 将输出功率作为调光控制依据, 转化为调光范围后, 根据范围不同, 合理设定数值  $n$  的取值。例如, 输出功率为 40%~50%, 在认为调光范围 40%~50%, 此时数值  $n$  的取值为 4。关于调控操作的具体实施, 以关断时间  $t_{off}$  作为重点调控指标, 通过调节该数值, 完成调光控制。按照此控制思路, 将调光控制拆分为多段, 建立  $t_{off}$  与输出功率比值  $P_0/P_m$  之间关系, 按照区段实施调光操作。关于调光的操作流程如图 3 所示。

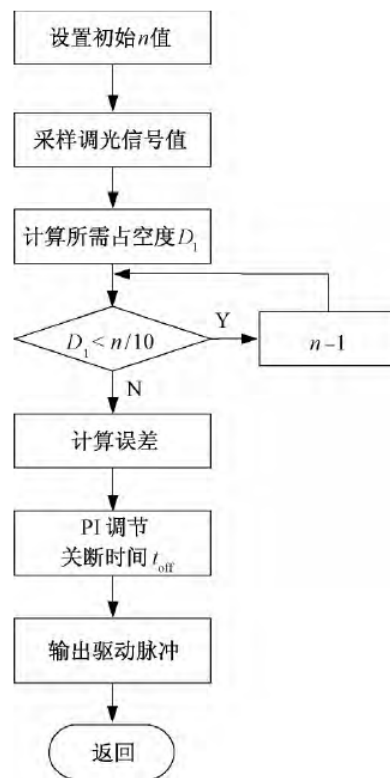


图 3 调光作业流程

第一步: 设置  $n$  的初始数值;

第二步: 开启采样操作模式, 获取调光信号数值;

第三步: 计算当前调光需求下的占空度, 记为  $D_1$ ;

第四步: 判断占空度  $D_1$  与  $n$  之间的关系, 是否满足  $D_1 < \frac{n}{10}$ , 如果满足此关系, 则认为当前数值超出调光范围,

执行  $n = n - 1$  命令, 即数值  $n$  减 1, 而后将计算结果重新赋给变量  $n$ , 继续判断  $D_1 < \frac{n}{10}$  关系, 如果不满足此关系, 则

执行第五步;

第五步: 计算调光误差;

第六步: 执行 PI 调节命令, 调整关断时间  $t_{off}$ , 使得驱动脉冲调制密度得以满足要求, 逐渐转向闭环稳定作业状态;

第七步: 输出驱动脉冲, 完成调光操作。

上述操控方案中, 通过改变输出功率给定数值, 可以实现对无极灯的调控, 使得灯光满足调控要求。当调节功率段固定时, 确定无极灯工作周期数  $n$ , 在此情况下, 为了有效解决传统调光方案存在的输出功率不足的问题, 本控制方案以关断时间  $t_{off}$  作为调控对象, 改变输出功率。其中, 分段调光方案的应用, 不会改变无极灯作业期间的频率, 并且对开关功率的损耗较小, 调光作业效率较高。因此, 上述控制方法可以作为无极灯调控方案。

#### 4 实验结果分析

为了验证论文提出的调光方案可靠性, 对方案应用效果进行检验。本次实验选取 DSPIC 单片机控制下的无极灯电子镇流器作为实验工具, 该设备正常作业频率为 230kHz。以下为实验期间设备各项参数设置情况: 谐振电容  $C_r$  数值为 4.7nF; 满载输出功率  $P_0$  数值为 100W; 等效电感  $L_{eq}$  数值为 154  $\mu F$ ; 输出直流电压  $U_{dc}$  数值为 400V; 隔直电容  $C_b$  数值为 0.1  $\mu F$ ; 谐振电感  $L_r$  数值为 250  $\mu F$ ; 死区时间  $t_d$  数值为 280ns。

按照调光要求, 在参数数值选择功能栏中设置工作周期  $n$  的数值, 以关断时间  $t_{off}$  作为调节变量, 通过更改该数值, 完成占空比  $D$  的调节, 使得设备输出功率得以改变。本次实验设置工作周期  $n$  为 3、4、5。

从输出结果可以看出, 不同占空比  $D$  条件下调光操作效果, 得到关断时间  $t_{off}$  与输出功率之间的关系。论文以分段调节结果作为重点分析内容, 探究论文提出的调光方案可靠性。图 4 为调光周期关断时间变化条件下输出功率变化曲线。

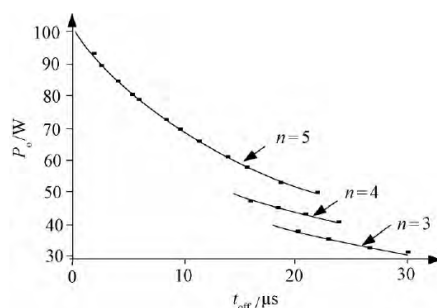


图 4 调光周期关断时间变化条件下输出功率变化曲线

观察图 4 中输出功率变化特征可知, 当工作周期  $n$  数值固定, 通过调节  $t_{off}$ , 可以实现输出功率的有效调节, 该实验结果与理论分析保持一致。所以, 论文提出的调光控制方案能够起到一定优化作用, 满足无极灯调光控制要求。

#### 5 结语

论文围绕无极灯电子镇流器调光问题展开探究, 通过分析该设备作业原理, 确定调光控制研究突破口。采用分段调光方法, 固定光段, 设定工作周期  $n$  数值, 以关断时间作为调节对象, 通过调节  $t_{off}$ , 实现对无极灯输出功率的有效控制, 使其满足调光要求。实验测试结果显示, 论文提出的调光方案能够达到预期的调光控制效果, 与理论分析结论相符。

#### 参考文献

- [1] 陈大华. 隧道照明中电磁感应无极灯应用可行性探讨[J]. 城市照明, 2019(2):18-19.
- [2] 陈建军, 李磊, 赵红伟, 等. 基于PDM的LED背光调亮技术研究[J]. 光电技术, 2020, 40(1):59-64.
- [3] 张昕, 秦坤. 基于PDM框架的组件集成技术的研究与实现[J]. 信息通信, 2019, 194(2):199-200.
- [4] 王瑞琼, 高永胜, 王武营, 等. 基于PDM-MZM的线性模拟光链路设计[J]. 空间电子技术, 2020, 190(4):43-48.
- [5] 王培光, 柴艳鹏, 宗晓萍, 等. 串联谐振逆变器均匀PDM功率控制方法[J]. 电力电子技术, 2020, 335(10):94-96.
- [6] 李志远, 高莹. 基于PDM的CAD/CAPP/CAM系统集成技术研究[J]. 光电技术应用, 2020, 173(4):70-74.