

# 航空照明灯具驱动方案研究

万 翀

(上海飞机设计研究院 ARJ21 飞机项目管理部,上海 200436)

Research on aviation lighting system drive schematic

Wan Chong

(ARJ21 Management Department, Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 200436, China)

**摘要:**介绍了航空照明的发展趋势,电源驱动在近年内的发展并指出未来航空照明系统对照明光源驱动的需求,其目的主要是通过对不同的驱动控制架构进行分析,研究出适用于现代航空照明系统的驱动方案,为工程应用提供指导意义。

**关键词:**航空照明灯具驱动;低压差稳压器驱动;功率因素校正;脉宽调制

**[Abstract]** This article introduces the development progress of aviation lighting system, describes the development of light source drive then figures out the requirement of the aviation light source drive. The target of the article is to find a solution for lighting system drive and provide the guidance to the engineering application based on the different architecture analysis of light source drive.

**[Key words]** Aviation light source; drive LDO; PFC; PWM

## 0 引言

随着科技进步及电子业的发展,LED 是继白炽灯、荧光灯、节能灯后具有革命性意义的第四代新型高效固体光源,具有寿命长、节能、绿色环保等显著优点,被称为第三代照明革命。民用飞机的照明光源包括驾驶舱的控制面板、泛光照明、客舱照明都已经使用 LED 照明技术。

然而,目前制约航空 LED 照明技术发展的主要因素有以下几个方面:

(1)功率因素校正。如果 LED 驱动的功率因素太低,就会对功率生成系统造成额外负担,从而削弱 LED 高功率效率的优势。

(2)精确恒流输出。LED 的光输出与 LED 中的电流大小有关。LED 驱动器的作用是精确控制 LED 中的电流量。如果不对电流进行精确控制,灯光就会出现令人感觉不适的光线强度变化。

(3)尺寸。照明驱动器要求尺寸小型化,集成化,过大的驱动设备会增加飞行器的重量,同时增加额外的 LRU,对于航空公司来说则增加了库存件,影响了商用飞机的经济效益。

(4)使用寿命和可靠性。LED 照明的优势之一应该是使用寿命长且可靠性高。影响 LED 照明系统寿命以及可靠性的一般都是 LED 驱动器件,尤其是驱动器的电阻电容寿命,高可靠性的照明驱动会增加飞行器照明设备的 MTBF,减少 LRU 的更换频率,从而降低航空公司的成本。

## 1 照明灯具光源使用现状与趋势

### 1.1 传统航空照明灯具

大多数现役的民用航空飞机客舱照明使用荧光灯和白炽灯。客舱主照明荧光灯的调节有 3 个不同等级的亮度,100%、50%、10%,飞机在下降过程中荧光灯管处于 10% 的亮度,着陆后旅客下机时荧光灯需要调解到 100% 的亮度,该调解过程将增加电极的挥发速度,造成荧光灯管电极材料消耗从而降低荧光灯管的使用寿命。

白炽灯主要用于客舱的乘务员控制面板、指示牌等的背光,白炽灯能耗高、发热温度高、热蒸发快、寿命短(1 000h),且易受振动影响,大量白炽灯的使用也会造成较强的热辐射,同时也增加了环控系统的热载荷处理量。

### 1.2 新型 LED 航空照明灯具

新型的民用飞机逐步用 LED 光源照明设备替代白炽灯和荧光灯。LED 能耗低、抗振动性强、工作稳定性高,由于其对驱动以及散热要求较高,其本身成本大于白炽灯和荧光灯,但从长期的维护方面考虑,因其具有长寿命的特点,其维护成本低于使用白炽灯与荧光灯,从而为航空公司降低了维护成本。

## 2 LED 灯具驱动方案及发展趋势

### 2.1 传统的航空 LED 灯具驱动方案

传统的航空 LED 灯具采用配电阻的方式,通过电阻限流来驱动 LED 灯具。配电阻驱动方式原理框图如图 1 所示。

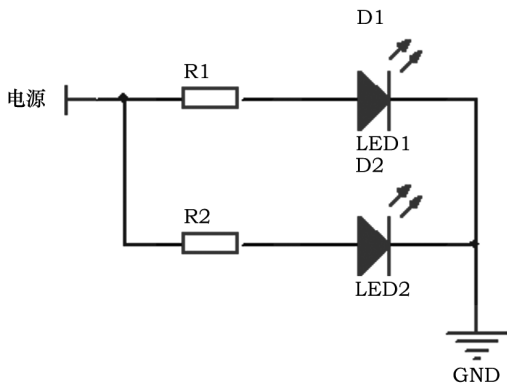


图1 传统LED驱动方案

传统驱动电路的优势是电路原理简单,其劣势在于:

(1)该驱动电路的绝大部分损耗在电阻上,电路的效率不高,根据  $P = (U_{\text{电源}} - U_{\text{LED}}) \cdot I$ ,一般的发光二极管的导通电阻在  $0.7V \sim .5V$  之间,在飞行器正常的  $28VDC$  汇流条供电的情况下,每个电阻要消耗  $0.2W$  左右。

(2)由于电阻特性的不同,  $R1$  和  $R2$  在性能上会有偏差,因此流过  $LED1$  和  $LED2$  的电流也会有偏差,所以 2 个 LED 间的亮度也会不相同,因此使用传统驱动电路设计出的 2 个灯具其亮度也会有较大差异。

(3)如果需要调光,调节电源电压会使得 LED 的亮度颜色突然跳变。

(4)传统驱动电路每路只能带小功率 LED 负载。

(5)传统驱动电路体积大,难以与灯具集成。

### 2.2 阻容降压LED灯具驱动方案

阻容式降压LED驱动主要利用RC电路的阻抗 ( $X_c = 1/2\pi fc$ ) 来达到限流驱动LED的目的,且可以利用飞机  $115VAC$  单项交流电,减轻飞机的直流

负载量,同时架构简单。阻容降压LED灯具驱动原理框图如图2所示。

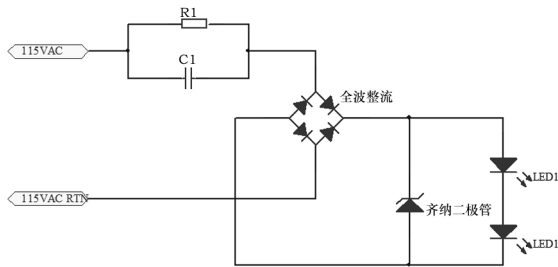


图2 阻容降压LED灯具驱动

但是对于阻容式降压驱动方案来说,其缺点在于:

(1)没有隔离  $115VAC$  交流电,所以有触电危险。

(2)限流电容需要有足够大的耐压,至少  $300V$ ,电容的耐压值越大其尺寸也会越大,从而影响灯具与驱动的集成。

(3)无法调光,对于客舱内需要调光的灯具设备无法使用该类驱动。

(4)驱动安全性不高,如果齐纳二极管损坏将直接导致灯具的完全损坏。

### 2.3 LDO LED 灯具驱动方案

LDO(low dropout regulator)驱动主要是利用输入输出低压降稳压芯片作为恒流源来驱动LED灯具,其优势是可以调光,且调光性能稳定,具有过热、过载保护功能,在加入不多元器件的情况下可以直接接入飞机单项  $115VAC$  的交流电网,减轻飞机直流负载负担,且因为使用的是线性电源,所以EMI负担小,输出电流稳定,输入输出通过变压器隔离,  $115VAC$  交流输入的纹波不会干扰LED芯片的发光稳定。LDO LED 灯具驱动方式原理框图如图3所示。

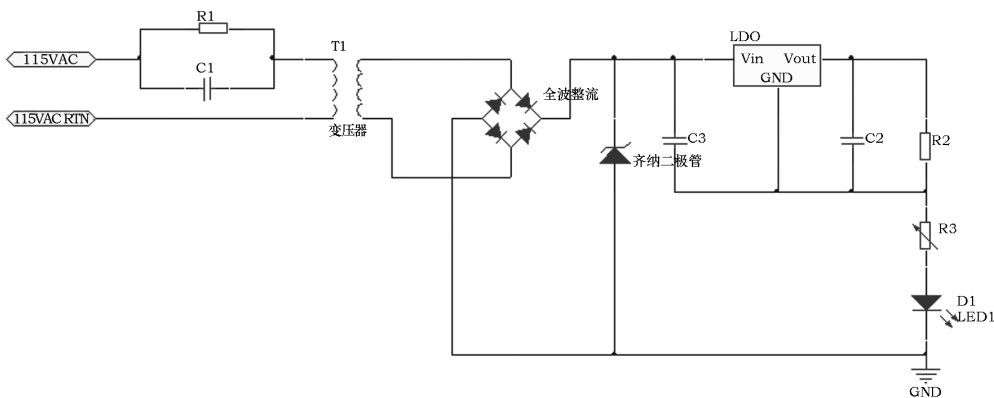


图3 LDO LED 灯具驱动

LDO 驱动的优点主要在效率不高,其效率主要决定于 LDO 的输入输出比,对于 LDO 驱动芯片,其输入输出至少需要 1V ~ 1.5V 的电压差才能正常工作,因此在输入输出电压差大的情况下,其中有很大一部分的能量在 LDO 芯片上转化为热能消耗掉。这要求使用 LDO 驱动芯片的灯具有专门的 LDO 散热设计,采用散热良好的散热片,因为过高的温度会触发 LDO 芯片热保护功能,使灯具失效。一种有效的设计是在权衡整个灯具的热载荷后如果设计允许,可以将 LDO 芯片的散热面紧贴 LED 灯具的散热片,这样可以在节省空间的情况下使线性电源散热良好。

其次,LDO 芯片作为线性功率器件不可避免地因其体积伴随输出功率的增大而增大,所以在考虑使用该类灯具驱动设计的时候,同样需要考虑灯具的尺寸问题。

### 2.4 功率因数校正 (( PFC ) + 脉宽调控 ( PWM ) ) 两种平均电流模式控制器组成新的 AC/DC 驱动方案

新型 AC/DC 驱动方案是利用了 PFC 功率因数校正 IC 的功能将交流电的输入电流与电压尽量接近

同相,同时减少电流波形的失真,进一步提高整个灯具驱动的效率。通常 PFC 的功率因数可高达 99%,极大降低了无功功率的产生,同时利用 DC/DC 变换器给 PWM 发生器以及 LED 灯具供电,通过 DC/DC 变换器实现输入输出的隔离。开关 DC/DC 变换器因使用 PWM 技术已经不再使用大功率晶体管,无论是效率(重载可以高达 97%)、尺寸(比线性电源要小的多)还是散热(低功率开关电源不需要单独散热片)均得到极大地改善。该方案同时可以根据 DIMMING CONTROLLER 的数字信号进行调光,数字调光技术可以使得客舱照明亮度的一致性得到极大地提高,在更换单个 LED 灯条后仍然可以通过自动降低新灯条的亮度实现整体照明效果的一致性。同时该方案可以实现灯具的分布式供电,对于客舱主照明这类分布于整个客舱的主照明系统则可以实现就近接 115VAC 汇流条,或者二次配电箱,减少了长距离电缆传输的能量损耗。功率因数校正 (( PFC ) + 脉宽调控 ( PWM ) ) 驱动方式原理框图如图 4 所示。

该方案因采用开关 DC/DC 变换器以及 PWM 调光技术,会产生 EMI,相比使用线性电源对整个照明系统的 EMC 要求较高。

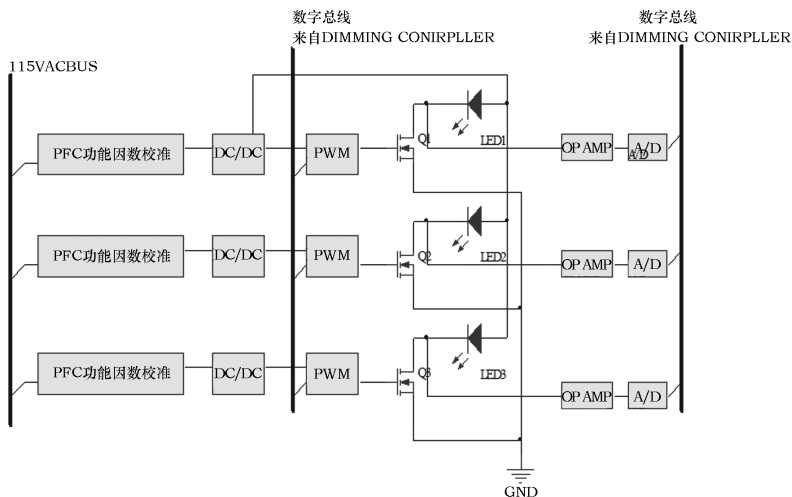


图 4 功率因数校正 (( PFC ) + 脉宽调控 ( PWM ) ) 两种平均电流模式控制器组成新的 AC/DC 驱动

## 3 结论

随着电子技术的不断发展,民用航空照明系统也从最简单的荧光照明进步到白炽灯照明,最终进入到 LED 照明阶段,同时,实现照明的手段也在不断地改善,从最早期的配电阻方式发展到最新的 PWM 数字调光系统,说明了民用航空照明系统正在向多功能化、智能化、集成化、小型化以及精确控制和美观化方向发展,因此民用航空照明系统的数字系统协同功率系统实现高效率精确控制发展方向是

整个民用航空照明系统发展的必然趋势,相信随着科技的发展,航空照明系统的不断优化必将会最大限度地满足飞机的安全需求和客户需求,从而实现飞机的安全性与经济性设计。

### 参考文献:

[ 1 ] Bernie Weir. Fundamentals of LED Luminaire Design, 2008.  
 [ 2 ] 李倩, LED 调光控制技术在飞机导光板照明中的应用 [ J ], 测控技术, 2010, 11.