

新型螺旋三基色电子节能灯特性及原理分析

扬州工业职业技术学院 董庆源

【摘要】电光源发展经历了白炽灯、气体放电灯、LED灯这三个发展阶段。其中气体放电灯中的自镇流荧光灯以其方便、高效、安装方便的特点，在生活和办公场所中占据了很大比重，尤其是近几年来推出的新型螺旋三基色高效电子节能灯更是符合了众多用户的使用需求。本文重点介绍了一款出口美国的120V电源电压的螺旋三基色电子节能灯的工作原理，详细叙述了其各部分电路的工作原理，如高频振荡、半桥逆变、负载谐振等各部分电路的工作状态及相互关联与影响。这也是我们电子系与校企合作单位将要进行的深层次技术开发与维护层面的合作方向，以期通过这种深度合作为学生的专业学习提供更真实的平台，为学生的就业提供更广阔的空间。

【关键词】三基色；电子节能灯；高频振荡；色温；半桥逆变

人类的照明经历了最原始的油灯烛灯、近代煤油金属灯具、早期电光源照明、现代照明灯具这四个阶段。其中电光源照明经历了白炽灯、气体放电灯、LED灯这三个跨越式发展阶段。下面就其中应用最广的气体放电灯中的荧光灯（日光灯），及其派生出来的新型螺旋三基色电子节能灯做一些介绍和分析。

一、我国照明行业的发展概况

我国的照明电器工业起步于20世纪中期。新中国成立后，照明工业同其它工业一样，也发生了翻天覆地的变化。改革开放以后，我国的照明工业又取得了飞跃的发展，主要表现为：

1. 电光源产品产量快速增加。近10年来，我国的电光源产品一直保持高速增长的增长速度，其中T8管型荧光灯和紧凑型荧光灯发展最快，这主要是实施绿色照明工程和节能政策的结果。

2. 工艺技术和生产设备水平明显提高。近年来通过技术改造，我国部分照明企业已逐步向机械化、自动化的方向发展，越来越多的企业通过了ISO9000系列认证，产品已经逐步进入规范化的生产轨道。

3. 照明产品生产的标准体系进一步健全和完善。目前涉及照明产品的国家标准有八十多项，其中高效节能产品有十多项，产品的标准分为性能要求（推荐性）和安全要求（强制性），标准的制定分别采用或参照了国际上IEC（国际电工委员会）、ANSI（美国国家标准协会）的标准。

4. 照明器具出口势头强劲。我国的照明产品在国际市场上具有明显的优势，产品质优价廉，并取得了出口国外所必须的国际安全认证和EMC认证。

二、气体放电灯及电子镇流器

气体放电灯包括荧光灯（日光灯）、高压钠灯、高压汞灯、霓虹灯等。在我们生活当中用得最多的气体放电光源就是荧光灯。

自1938年荧光灯问世以来，人们一

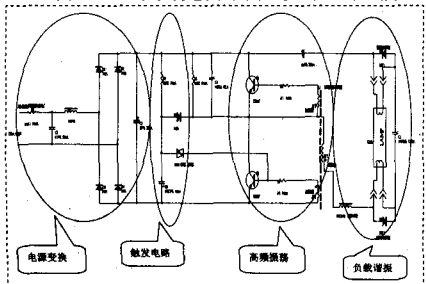


图1 120V电源电压电子节能灯电路原理图

直使用电感镇流器与启辉器来使荧光灯工作。这种电感镇流器存在许多缺点：重量重、体积大、自身功率消耗大、有明显的噪音、工频闪烁。为改变这种状况，在20世纪50年代至60年代，国外的一些科学工作者就对此进行了研究，并提出了采用电子镇流器的设想。我国对高频电子镇流器的研究起步较晚，至于有这类产品问世，已经是20世纪80年代后期的事情了。但是，电子镇流器作为一种节能高效照明产品，在我国的发展速度是很快的，其优点主要有：

1. 能耗低、效率高。例如一支40W的荧光灯，如果用电感镇流器来驱动，则电感镇流器自身要消耗约8W的功率，而用电子镇流器只要消耗4W的功率，如果用一只电子镇流器驱动2或3支灯管，它所增加的功耗并不多，此时电子镇流器的效率会更加明显。

2. 发光效率高、光色柔和。荧光灯的发光效率（即光效）是供电的频率有关的，即随着工作频率的增加而增加，而电子镇流器的工作频率一般在20KHz以上，所以光效提高是很明显的。一支10W的电子节能灯，理论上相当于60W的白炽灯光效。再加上现在的三基色荧光粉合理配比，在高光效的基础上，还能得到不同色温的灯光，如暖色（2700K）或冷色（6500K），可满足不同场合的需要。

3. 重量轻、无闪烁及无噪声。由于电子镇流器一般工作在20KHz以上的频率，所以它没有铁心电感所特有的令人十分心烦的嗡嗡噪声，由于工作频率高，只须用体积小、重量很轻的铁氧体磁心做成电感部件，因此整个电子线路占用空间很小，很容易实现荧光灯和电子镇流器的一体化，即所谓紧凑型荧光灯。这种荧光灯能直接代替白炽灯，安装与更换十分方便，而且它的发光效率很高、省电、发热轻、美观，是家庭装修的一种理想光源。这也是我接下来要从原理层面介绍的一款成熟畅销产品：螺旋三基色电子节能灯。它是我们校企合作对象扬州强凌有限公司的一款主打产品。

4. 有异常状态保护功能。在灯出现异常状态如灯丝断、灯不启动、灯管脱落等现象时，电子镇流器都会得到保护而不致损坏，延长了镇流器的寿命。

5. 有预热启动功能。电子镇流器都设计有预热灯丝功能，不会出现电子镇流器荧光灯那样的闪烁、多次反复启辉现象，尤其在低电压或电压波动范围较大的地区，也能很容易将灯管启动点亮，对于偏远的乡村地区，这一点是很重要的。

6. 可实现调光和智能控制。电子镇流

器在采用调频、脉宽调制及光控技术的前提下，容易实现可调光的和智能化的照明系统。

7. 具有高功率因数。电感镇流器荧光灯的功率因数一般只有0.6—0.8，而在电子镇流器中，只要采用功率因数校正电路或专用的集成电路，很容易将功率因数提高到0.95以上。

因为电子镇流器具有以上诸多优点，所以现在绝大多数荧光灯均采用电子镇流器与之配套使用，另外将电子镇流器、荧光灯管、灯头整合成一体的自镇流荧光，也称电子节能灯，现在更是因其方便、节能、高效得到了很大程度的推广。

三、新型螺旋三基色电子节能灯特性介绍

电子节能灯（自镇流荧光灯）自从问世以来，由于安装方便，与白炽灯的灯具通用，因而迅速取代白炽灯，成为家庭和办公场所的常见照明光源，尤其是近几年出现的新型螺旋三基色电子节能灯更是以其空间节省、高光效、显色性能突出受到了很多用户的欢迎。

1. 螺旋式结构的由来。与之前的直管型电子节能灯相比，螺旋式的造型更节约空间，因为灯管的长度直接和灯的电功率成正比，如何在提高功率与空间节约方面找到平衡，螺旋式结构很好地解决了这个问题，所以现在大多数厂家都转而生产这种螺旋式节能灯，但这种螺旋式结构会提高灯管生产成本。

2. 三基色荧光粉的特点。荧光粉应满足很多要求：如对253.7nm紫外线有强的吸收和弱的反射、有效将紫外辐射转换成可见光、发光应在可视光的范围、易于制造和无毒性及价格便宜。早年荧光灯用的荧光粉，多属于以含氧酸盐为主的化合物。如钨酸钙、硅酸锌、钨酸镁等，1949年开发了较复杂的复合化合物——卤磷酸钙，通常称为卤粉，它基本上能满足以上要求。但卤粉的发光效率不够高、热稳定性也不好、光衰较大、光通维持率低，因此它不适宜用于细管径紧凑型荧光灯中。

20世纪70年代初，荷兰科学家在理论上确认，只要荧光粉发出的可见辐射光位于几个特殊的窄发射带上，通过适当选择发射带的波长和这些发射带强度之间的比例，再适当地选取荧光粉，就可以获得既有高的发光效率又有非常好的显色性能的荧光粉。1974年荷兰飞利浦公司首先研制成功稀土元素三基色荧光粉，该荧光粉具有发光效率高、稳定性高、高温特性好等优点，但也有价格昂贵、光色变化、显色指数随着使用会逐步下降的不足之处。总体而言三基色荧光粉的优点（下转第39页）

器,检测汽车转向行驶时的车身横摆角速度,以电信号的形式输入ECU,ECU输出控制信号,实时控制汽车的转向运动,保证汽车转向行驶时的动态稳定性。

4.2 电控单元(ECU)

ECU是4WS系统的核心,其功用是根据制定的控制方案,按照编制的程序对各种传感器输入信号进行分析、计算、处理,输出一定的控制信号指令,驱动步进电动机动作。其电控单元的控制框图如图2所示,4WS系统ECU主要由输入信号调理电路、微处理器、输出信号处理电路、电源电路等硬件部分和控制程序、软件平台等软件部分组成。为保证控制系统可靠地工作,电控单元还必须采取有效的抗干扰措施和故障自诊断处理措施。

4.3 步进电动机

电动机采用步进电动机,其功用是根据ECU的指令输出适宜的转矩和转角,驱动后轮转向机构,控制后轮的转向,是后轮转向系统中的驱动执行元件。步进电动机是一种数字控制电动机,将数字式电脉冲信号转换成角位移,控制性能好,非常适合于单片机控制。采用步进电动机的主要优点是:步进电动机的角位移与输入脉冲数严格成正比,随动性好,可与角度反馈环节组成高性能的闭环数控系统;动态响应快,易于实现起停、正反转及变速;具有自锁和保持转矩能力;结构简单,坚固耐用,抗干扰能力强。

4.4 减速机构

减速机构的功用是降低步进电动机转速,增大步进电动机传递给转向传动机构的转矩,常采用蜗轮蜗杆机构或行星齿轮机构。

4.5 后轮转向传动机构

不同的车型,后轮转向传动机构的结构形式也不一样,可采用传统的转向机

构形式,也可根据汽车后悬结构和行驶转向要求,设计特定结构形式的后轮转向机构。

5. 电液式4WS系统的特点分析

5.1 电液式4WS与普通2WS系统对比分析

电液式4WS汽车与普通的2WS汽车相比,电液式4WS汽车具有如下特点:

- (1)转向操作的响应加快,准确性高。
- (2)转向操作的轻便性和行驶稳定性提高。低速时,转弯半径小,转向操作的机动灵活性提高(如图3所示)。

(3)超车时,变换车道更容易,减小了汽车产生摆尾和侧滑的可能性。抗侧向干扰的稳定性效果好。

5.2 电液式4WS与电控液式4WS系统对比分析

电液式4WS系统与电控液式4WS系统相比,也具有显著的优势:

①采用步进电动机作为后轮转向系统的驱动执行元件,动态响应快,改善了瞬态转向灵敏度,有效地降低了电控液式转向系统的转向滞后特性。

②步进电动机的角位移与输入脉冲数严格成正比,在转动过程中,无累积误差,随动性好,转向控制精度高,回正性好。

③系统刚性大,有较高的惯性力矩,抗外界干扰的能力强。结构紧凑,体积小,质量轻,装配布置方便。

④步进电动机由蓄电池供电,发动机动力消耗。没有液压系统装置,系统的调整和检测方便,装配自动化程度高,能缩短系统产品的生产和开发周期。

6. 电液式4WS系统的技术展望

目前在成型的4WS汽车中主要采用电控液式4WS系统。虽然电液式4WS系统发展较晚,相应的技术还不够成熟,存

在动力小、ECU复杂、成本高等不足之处,但随着现代电子技术、电机技术的飞速发展和应用,电液式4WS系统在技术上将不断完善,在转向控制性能、系统布置、节能等方面也将越来越显示其优越性,其应用前景广阔,必将取代电控液式4WS系统,并成为4WS系统发展的主流。它的发展趋势有以下几点:

(1)针对4WS系统,进一步开发、设计高性能、高精度、高灵敏度的传感器,以便于正确地检测汽车的运动信号。

(2)将先进的控制理论与控制方法应用于4WS控制器的研究中,提高转向控制性能。

(3)改进步进电动机的结构和控制技术,消除步进电动机工作时存在的振荡、失步、振动、噪声等不足。

(4)研究、设计结构合理、布置方便的后轮转向传动机构,实现后轮的正确转向。

(5)进一步简化系统,减小系统结构的体积,控制生产成本。

(6)把4WS技术与其它主动安全技术(如4WD、ABS、ASR、ASC、DYC等)相结合,实现汽车主动底盘技术的综合控制,这是主动控制4WS系统研究的长期目标。

参考文献

- [1]余志生.汽车理论[M].机械工业出版社,2002.
- [2]郭孔辉,孔浩.四轮转向的控制方法的发展[J].中国机械工程,1998,5.
- [3]汪东明,陈南.电液式4WS系统转向系统的研究与设计[J].汽车电器,2004(4):9-10.

作者简介:桂林(1982—),女,河南南阳人,河南工业职业技术学院汽车工程系助教,研究方向:汽车工程。

(上接第37页)是很明显的。

四、自镇流荧光灯电路原理分析

以某公司的出口北美的畅销产品--14W固定不调光电子节灯电路为例加以介绍。

电路原理图如图1所示,整个电路分成:电源变换部分;充放电触发部分;高频振荡部分;负载谐振部分。如图2中各个标注所示。

下面对整个电路原理作一分析。

1. 电源变换部分

120V/60Hz外部电源经保险电阻R1输入,再经C1和L1组成的L型滤波电路滤波后,到达D1—D4组成的桥式整流电路。桥式整流电路将120V的正弦交流电源波形整流变换成108V的单向脉动直流波形,经C5电容滤波后,电压抬升至130V左右,给后级电路供电。C1和L1构成的滤波电路,既将外部电源的相关干扰加以滤除,也能有效滤除电路板产生的谐波,以降低对电网的干扰。

2. 充放电触发电路

C5两端的直流电压经R3对C6充电,充电电压到达D7(触发管二极管)的转折电压(约30V)时,D7触发管雪崩击穿,C6经D7放电,在D7内流过从左向右的Q2基极输入电流 I_{b2} ,从而使得Q2开始呈现导通状

态。

3. 高频振荡电路

由于Q2开始导通,从Q2的集电极到发射极有自上而下的集电极电流 $I_{c2}=\beta I_{b2}$ 流通。由于该电流是从无到有,从小变大,所以在TL1绕组内会产生感应电势。由于TL1、TL2、TL3是绕在同一磁芯上的三个绕组,这样在TL2和TL3内会感应产生相同方向的感应电势,该电势使得Q1处于截止状态;Q2很快进入饱和导通状态。Q2达到饱和状态后,随着灯管充电回路电容的充电结束,T1各绕组TL1、TL2、TL3中的感应电势变为零,与此同时,C5的电荷也释放完毕,Q2开始呈现从饱和退出的趋势,为了阻碍这种情况,TL1中的感应电势方向发生改变,TL2和TL3中的感应电势方向也随之发生改变,前者的感应电势使得Q1慢慢从截止向导通转变;后者的感应电势使得Q2慢慢从饱和状态向导通、截止状态转变,TL2和TL3中的感应电势也变得很大。TL3中的感应电势使得Q2迅速由饱和状态退出,跃变到截止状态。TL2的感应电势使得Q1开始导通,从而使得C4、C7中的充电电荷通过Q1放电。

4. 负载谐振电路

上述的充电和放电交替快速进行,形

成高频振荡,在振荡初期,高频振荡电流起到加热灯丝的作用,使其挥发出大量自由电子,弥漫在灯丝周围,由于没有高压电场的驱动,此时电子不能在灯管内高速运动击穿灯管,灯管呈现高阻状态。

在高频振荡形成后,C4、C7、L3组成的串联电路,在高频电压和电流的驱动下,产生串联谐振,C7两端的谐振高压用于点亮灯管。由于灯管击穿后呈现负阻特性,所以串联电路失谐,C7两端高压消失,整个灯处于一个稳定工作的状态。在稳定发光工作状态,灯丝和C7仍然流过高频振荡电流,以保证灯丝有足够的电子激发用于维持灯管电离发光。

参考文献

- [1]陈传康.电子节能灯与电子镇流器的原理和制造[M].人民邮电出版社,2004.
- [2]王斌.电工电子实验实践教程[M].北京出版社,2007.
- [3]王斌.电子线路板设计与制作[M].北京出版社,2010.
- [4]江源.光源发展史[OL].百度文库,2010.

作者简介:董庆源(1977—),男,江苏兴化人,大学本科,实验师,现供职于扬州工业职业技术学院,研究方向:单片机、PLC控制、计算机控制。