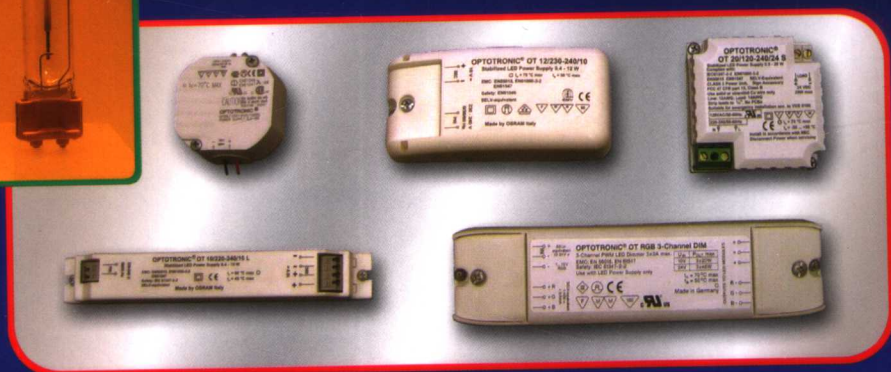
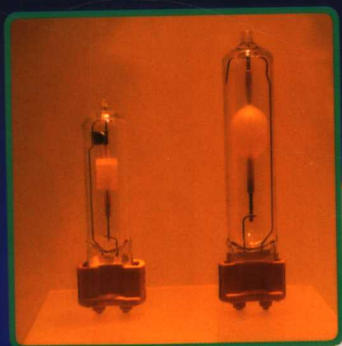


CHANGYONG
DIANZIZHENLIUQI
DIANLU JI YINGYONG



常用电子镇流器 电路及应用

路秋生 编著



常用电子镇流器电路及应用

路秋生 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

常用电子镇流器电路及应用/路秋生编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006. 5

ISBN 7-115-14368-4

I. 常... II. 路... III. 镇流器—电路 IV. TM923.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 023378 号

内 容 提 要

全书共分 7 章, 主要内容包括有关电子镇流器的基础知识、常用可调光电子镇流器电路与应用、常用电子变压器电路与应用、常用高强度放电灯电子镇流器电路与应用、典型冷阴极荧光灯 (CCFL) 电子镇流器电路与应用、典型数控电子镇流器电路与应用、DALI 数控电子镇流器照明控制软件等内容。

本书具有理论联系实际、内容新颖、资料翔实和实用的特点, 可供从事电子镇流器生产、设计的有关工程技术人员和电子技术爱好者阅读, 也可以作为大专院校有关专业学生学习的参考书。

常用电子镇流器电路及应用

- ◆ 编 著 路秋生
责任编辑 刘 朋
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.5
字数: 462 千字
印数: 1-5 000 册

2006 年 5 月第 1 版

2006 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14368-4/TN · 2691

定价: 28.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

前 言

1997年10月1日,我国正式启动“绿色照明工程”,这是我国照明技术领域内的一项重大决策和举措,必将对我国的能源、电光源和照明技术,甚至环境保护等各个领域产生巨大的影响。

近些年来我国的电力工业有较大的发展,但人均年发电量仅为 $750\text{kW}\cdot\text{h}$,居世界第89位。国内现阶段照明用电约占发电总量的 $10\%\sim 13\%$,1990年以来照明用电平均每年以 15% 的速度增长。我国能源利用效率较低,照明用电集中在每日峰荷用电时间,高峰电力供求矛盾突出,所以采用高效节能的照明电光源尤为重要。

目前我国每年竣工的建筑面积约为2亿平方米,以平均每5平方米使用1只荧光灯计算,每年需新增4000万个镇流器。可见,我国镇流器市场的潜力之大是不言而喻的。所以实施“绿色照明工程”、节约能源,对优化资源、保护环境、构建和谐社会以及确保我国国民经济可持续发展有着非常重要的意义。

高性能的电子镇流器应该是既具有功率因数校正功能又具有灯管灯丝预热、调光和灯电路故障保护等功能的产品。据了解,可调光电子镇流器、高强度放电灯(HID)用电子镇流器、数控可调光电子镇流器、CCFL灯用电子镇流器今后的市场前景看好,特别是由于到2010年LCD显示器有可能取代CRT显示器,相应今后市场对CCFL灯用电子镇流器的需求量将会有较大的增长,所以本书对CCFL灯用电子镇流器作了较多的介绍,并对采用MCU控制的CCFL灯用数控电子镇流器也作了有关介绍。

为了便于读者在阅读完本书后能进一步进行相关的技术开发,在本书的附录中给出了主要参考资料的来源、相关电子镇流器产品的国内外有关标准、CCFL灯的有关技术参数以及有关电子镇流器用控制集成电路和半导体器件的技术参数资料,供读者参考。

在本书的编写过程中,作者试图抛砖引玉,以期能对读者在电子镇流器的相关技术和制作方面有所帮助。由于水平有限,书中可能存在各种各样的问题和不足,敬请广大读者批评指正。

HOLTEK公司的张治先生、陈俊雄先生、任锦燦先生、田军先生为本书的编写提供了许多技术资料,给予了诸多的帮助和支持。在本书的编写过程中还得到了杨超英、田淑华、李萍、赵红、毛华风、顾瑞锦、刘蕊、李世友、齐荣彬、赵晶、秦拥军、宫晓梅等同事的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

目 录

第 1 章 有关电子镇流器的基础知识	1
1.1 常用照明方法及其特点	1
1.2 照明技术的发展趋势	3
1.3 高频交流电子镇流器	5
1.4 对电子镇流器的技术要求	6
1.5 常用高频交流电子镇流器电路及其改进	8
1.5.1 单级半桥谐振变换式电子镇流器电路	8
1.5.2 两级串联高频交流电子镇流器	9
1.5.3 无源功率因数校正	11
1.6 荧光灯电子镇流器常用灯丝预热电路及其特点	11
1.6.1 有关荧光灯的灯丝预热	11
1.6.2 几种常用荧光灯灯丝的预热方法	14
1.7 电子镇流器的有关术语	16
第 2 章 常用可调光电子镇流器电路与应用	19
2.1 电子镇流器调光的工作原理	19
2.1.1 电子镇流器调光应具备的功能	19
2.1.2 常用电子镇流器调光方法	19
2.1.3 各种电子镇流器调光方法的工作原理	20
2.2 采用 L6574 的可调光电子镇流器与应用	22
2.2.1 L6574 的电路特点与引脚功能	22
2.2.2 L6574 内部单元电路功能简介	25
2.2.3 采用 L6574 的可调光电子镇流器电路与工作原理分析	26
2.3 30V 低直流供电电压的 36W/T8 灯管用可调光电子镇流器	29
2.3.1 简介	29
2.3.2 输出级 LC 参数的选择	30
2.3.3 电路板元件布局的考虑	31
2.3.4 脉冲开关变压器 T_1 的设计	31
2.3.5 输出镇流电感参数的选取	32
2.3.6 电路元器件表	32
2.4 由 KA7540 构成的可调光电子镇流器电路	34
2.4.1 KA7540 的特点、引脚功能及主要性能参数	34
2.4.2 KA7540 的工作原理	36

2.4.3	KA7540 的典型应用电路与电路元器件表	39
2.5	LG8150 三段式触摸调光控制集成电路与应用	41
2.5.1	LG8150 的特点与电性能参数	41
2.5.2	LG8150 的典型应用电路	42
2.6	直流 0~10V 调光电路的控制接口电路	43
2.6.1	电路工作原理	43
2.6.2	电路性能参数与元器件表	43
2.7	采用 555 的调光电路	45
2.7.1	电路特点	45
2.7.2	电路工作原理	46
2.7.3	功率开关管 IGBT 的选择和电路工作条件	47
2.7.4	电路实现	48
第 3 章	常用电子变压器电路与应用	51
3.1	电子变压器的典型应用电路与工作原理	51
3.1.1	电子变压器电路的工作原理	51
3.1.2	一种简易型电子变压器电路的制作	53
3.2	卤素灯电子变压器用集成电路 IR2161 与应用	54
3.2.1	IR2161 的特点与性能参数	55
3.2.2	用于低压供电照明的 100VA 可调光电子变压器	58
3.2.3	典型电子变压器电路的制作	66
3.3	紧凑型 12V 直流供电的 8W 荧光灯电路	75
3.3.1	电路简介	75
3.3.2	电路制作	76
3.4	电池供电的荧光灯应急照明电路	77
3.4.1	电路简介	77
3.4.2	高效 DC/AC 逆变器电路	77
3.4.3	电路设计过程中应注意的问题	79
第 4 章	常用高强度放电灯电子镇流器电路与应用	81
4.1	采用 UCC3305 的 35W 金卤灯电子镇流器	81
4.1.1	UCC3305 的主要性能参数	81
4.1.2	UCC3305 的主要技术特点	83
4.1.3	UCC3305 的工作原理框图和引脚排列图	83
4.1.4	UCC3305 的引脚功能	84
4.1.5	典型应用电路	87
4.1.6	汽车前灯照明应用场合的 35W 应用电路	90
4.2	UBA2030T 电子镇流器全桥驱动控制集成电路与应用	102
4.2.1	UBA2030T 的技术特点与用途	102
4.2.2	UBA2030T 的主要技术指标与功能	103

4.2.3	UBA2030T 有关应用设计方程式	108
4.2.4	UBA2030T 的典型应用电路	109
4.3	采用 UBA2030 的 70W MHN-TD 灯电子镇流器电路	111
4.3.1	金卤灯的工作过程	111
4.3.2	电路工作原理	112
4.3.3	灯电路的控制环路	120
4.3.4	逆变电路和点火电路	121
第 5 章	典型冷阴极荧光灯电子镇流器电路与应用	125
5.1	冷阴极荧光灯的工作原理	125
5.2	常用 CCFL 灯驱动电路及其特点	130
5.3	CCFL 灯电子镇流器典型应用电路与制作	131
5.3.1	FAN7310 电子镇流器控制电路	131
5.3.2	采用 LT1172/LT1182 的 CCFL 灯电路	133
5.3.3	UC3871 在可调光笔记本电脑背光源控制电路中的应用	138
5.3.4	采用 UC3871/UC3872 的荧光灯负载浮动供电谐振驱动电路	144
5.3.5	UC3872 谐振气体放电灯用控制集成电路与应用	146
5.3.6	采用 UCC3972/UCC3973 的可调光 CCFL 灯电路与应用	151
5.3.7	采用 UCC3973 的 CCFL 电子镇流器电路与制作	158
5.3.8	采用 UCC3976/UCC3977 的 CCFL 灯供电电路	163
5.3.9	采用 FAN7548 的双 CCFL 灯应用电路	171
5.3.10	CCFL 灯用 LT1182/LT1183/LT1184/LT1184F 集成电路与应用	186
5.3.11	MAX1160/MAX1161 在 CCFL 灯电路中的应用	197
第 6 章	常用典型数控电子镇流器电路与应用	211
6.1	数字式智能照明 DALI 控制协议	211
6.1.1	DALI 的开发背景和技术特性	212
6.1.2	DALI 的特点与应用	213
6.1.3	DALI 是一种软件控制方法	218
6.1.4	DALI 的控制信号	219
6.2	电子镇流器的模拟、数控调光与实现	222
6.2.1	与荧光灯点火电压有关的因素	222
6.2.2	电子镇流器的模拟调光与系统构成	223
6.2.3	数控调光控制系统与构成	223
6.2.4	微处理器在数控调光控制系统中的作用	224
6.2.5	DALI 与微控制器间的接口	226
6.2.6	数控调光控制系统的实现	230
6.3	HT46R14 在 CCFL 灯电子镇流中的应用	233
6.3.1	HT46R14 的主要特点和引脚功能	233
6.3.2	HT46R14 在可调光 CCFL 灯中的应用	236

6.4 采用 HT48RA0A/HT48RA0-1/HT48RA0-2 的 PL 型灯管电子镇流器电路	238
6.4.1 HT48RA0A 的特点	238
6.4.2 HT48RA0A 的功能	238
6.4.3 HT48RA0A /HT48RA0-1 /HT48RA0-2 在电子镇流器中的应用	240
6.5 PT8A2641/PT8A2642 热释电红外检测集成电路	250
6.5.1 PT8A2641 /PT8A2642 的工作原理	250
6.5.2 PT8A2641/PT8A2642 的典型应用电路	252
6.6 被动式红外运动检测集成电路 HT761XX 与应用	253
6.6.1 HT761XX 的特点与应用场合	253
6.6.2 HT761XX 的控制功能	254
6.6.3 HT761XX 的典型应用电路	261
第 7 章 DALI 数控电子镇流器照明控制软件	264
7.1 DALI 数控电子镇流器照明控制软件的控制功能	264
7.2 DALI 数控照明控制软件的使用	264
7.2.1 DALI 数控电子镇流器调光控制软件主控操作界面的组成	264
7.2.2 DALI 主控操作界面上的主要控制功能	267
7.3 故障排除	275
附录 1 美国 JKL 公司部分有关 CCFL 灯技术参数	276
附录 2 电子镇流器常用 MOSFET 管	280
附录 3 LCD 常用背光照明集成电路	281
附录 4 常用电子镇流器控制集成电路	282
附录 5 与电子镇流器有关的常用标准	284
参考文献	287

第 1 章 有关电子镇流器的基础知识

1.1 常用照明方法及其特点

常用的电光源主要有热致发光光源、气体放电发光光源以及固体发光光源。在这三类电光源中,热致发光光源(如白炽灯)是利用斯涅藩—波尔兹曼定律来产生热致发光的,物体温度越高,它辐射出的能量越大。这可用公式 $E = \mu \times \xi \times T^4$ 表示。式中: E 表示物体在温度 T 时单位面积在单位时间内的红外辐射总能量; μ 为斯涅藩—波尔兹曼常数, $\mu = 5.6697 \times 10^{-12} \text{ W}/(\text{cm}^2 \cdot \text{K}^4)$; ξ 表示比辐射率,即物体表面辐射本领与黑体辐射本领之比值,黑体的比辐射率为 1; T 表示物体的绝对温度。利用热致发光原理制成的电光源制作简单,成本低,但是发光效率低,只有 11% 左右,而其余的能量则以热的形式消耗掉。固体发光光源,如发光二极管、等离子体发光器件等,尽管发光效率高,但目前还不能得到大功率(如上百瓦),所以固体发光器件要进入大规模实用阶段还有一段距离。

白炽灯的发光效率仅为 11%,红外、热能消耗分别占 69% 和 20%,大部分能量因发热而损耗了。而气体放电发光器件,如荧光灯(Florescent)、高强度气体放电灯(HID)等的发光效率为普通白炽灯的几倍。由于气体放电灯的功率可以做得较大(上千瓦),发光效率又高,所以它是一种目前得到广泛应用的照明光源,是一种绿色照明光源。

荧光灯是一种充有氙气的低气压汞气体放电灯,发光效率和寿命都比白炽灯要高。荧光灯的发光效率约为 23%,红外、热能占总耗能的 36% 和 41%。荧光灯发光均匀,亮度适中,光色柔和,是理想的室内照明光源,在照明领域中得到了广泛的应用。

荧光灯是通过引燃灯管内稀薄的汞蒸气进行弧光放电的,汞离子受激产生紫外线,紫外线通过激发荧光灯管内壁涂层上的荧光粉发出可见光。但是由于荧光灯的负阻工作特性(V/I),荧光灯在使用时需配用镇流器件。据估计利用高频交流电子镇流器后可较普通电感镇流器节电 20%~25%,并且高频交流电子镇流器在使用过程中没有频闪效应。

据生产厂商统计,一个装有 960 只 60W 荧光灯的建筑物内由电感镇流器改为高频交流电子镇流器后,在每只灯管发光流明数相同的情况下,可吸收的输入电功率是 87W 而不是采用电感镇流器时的 227W。如果每只荧光灯每年工作 6000h,每千瓦时的电费为 0.4 元,则 960 只荧光灯每年将节省电费 $960 \times 6000 \times 0.4 \times (227 - 87)/1000 = 322560(\text{元}) \approx 32.3(\text{万元})$ 。即使考虑到了高频交流电子镇流器的成本和更换镇流器的劳动力费用,用户在一年的时间内也可以收回成本。并且由于采用高频交流电子镇流器,镇流器的损耗小了,空调器的耗电也会相应降低,同样也能降低空调器的电费。

据有关资料介绍,在使用空调的大楼中每增加 2W 不必要的照明用电,就需多用 1W 电进行制冷。

“绿色照明”(Green Lights)这一概念最早由美国环保局(EPA)于 1991 年提出并开始实施,美国、日本等国家先后制定了绿色照明工程计划,取得了明显的效果。1995 年 4 月,我国国务院草拟了《节约能源法》,5 月正式提交全国人大常委会审议,同年又由原国家经贸委牵头,由原国家计委、国家科委、电力部、电子部、城乡建设部、轻工总会等有关单位领导组成领导班子,并由中国节能协会、中国照明电器协会、中国照明学会、国家计委能源研究所、清华大学、北京电光源研究所、电力部龙源公司等单位组成专家组,正式开始了中国绿色照明工程的筹划工作,首先在广东、上海由城乡建设部组织试点。

“绿色照明”是 20 世纪 90 年代初国际上对节约电能、保护环境的照明系统的形象说法,我国在 1996 年启动了“中国绿色照明工程”。事实上,照明的质量和水平已成为衡量社会现代化程度的一个重要标志,成为衡量人类社会可持续发展的一项重要指标。

绿色电源变换涉及到有助于降低电子设备功耗时有如下一系列倡议:蓝天使(Blue Angel)、能源之星(Energy Star)以及 1W 倡议。蓝天使倡议于 1977 年起源于德国,是作为宣传适合于环保的产品标志。

能源之星首次于 1993 年出现在 PC 设备上,它标志该产品有更高的工作效率,同时保持或改进了性能。

国际能源署(IEA)发起的 1W 倡议的目的是降低待机功耗(低于 1W)。1W 倡议在 1997 年提出,首先被澳大利亚采用。2001 年 7 月,美国总统布什发布执行指令,要求联邦政府采购低待机功耗产品,最好低于 1W。这为 IEA 倡议的推广添加了更大砝码。

据统计,中国照明用电大约占发电量的 10%~12%,耗电超过三峡水利工程全年发电能力(847 亿度)的两倍以上。随着社会和经济的发展,选择和使用高效节能的绿色照明产品已成为节约照明用电的重要途径。

据有关资料介绍,美国的照明用电占总电量的 1/4,年开支约为 370 亿美元,这比南美洲和非洲用电的总量还要多。绿色照明可以在保持照明质量的同时大幅度减少用于照明的用电支出,用于此目的的投资年回报率高达 30%以上,如果美国所有非家用场所的照明都符合绿色照明标准,可将美国全国电力使用量降低 12%。

目前,我国的照明市场正以每年 15%的速度高速增长,目前我国共有照明生产企业(含装饰灯生产企业)一万家左右,年产值达 800 多亿元,在浙江和广东形成了两大照明产业中心。我国已成为照明器具的生产大国,电光源产品有 60 多个门类 3500 多个品种规格,灯具产品有 30 多个门类 500 多个品种规格。我国照明节能大有潜力可挖,目前稀土三基色紧凑型荧光灯已生产出适合家用的 H、双 H、O、D、双 D、SL 型等多种产品。这种灯与照度相同的管型荧光灯相比约节电 27%,与白炽灯相比可节电 70%。

2001 年,按每户仅用一只节能灯计算,全国 4 亿只节能灯就可节电 2000 万千瓦,投资只需 120 亿元,而要生产 2000 万千瓦的电力,则需投资 500 亿元。所以,在我国照明节能是一个很重要的课题。

目前世界上 80%以上的紧凑型荧光灯(CFL)都是由我国生产,许多国际知名照明产品生产企业都在中国生产节能灯。目前已有松下、飞利浦、GE、欧斯朗、华格和雷加尼等享誉全球的照明品牌,通过合资、合作等形式在国内进行照明产品的开发和生产。

美国为了实现照明节能,做出了以下关于照明节能的有关规定。

① 美国能源部 (DOE) 最近颁布的一条法规规定: 所有新安装的 4 英尺和 8 英尺长 T12 荧光灯都应配备电子镇流器, 从 2005 年 4 月 1 日起开始执行, 替代更新工程则从 2010 年 4 月 1 日开始启动。

② 目前美国 T8 荧光灯已全部要求采用电子镇流器。

③ 美国节能立法规定: 根据美国 ASHREA/IESNA 90.1-1999 建筑物能效标准, 每平方英尺消耗的节电瓦数达到 25% 时, 有 0.375 元每平方英尺的退税优惠; 如每平方英尺消耗的节电瓦数达到 40%, 退税优惠更是翻一番, 高达 0.75 元每平方英尺。这项奖励政策无疑将大大促进电子镇流器、高效电光源以及先进节能灯具的使用、普及与发展。

据有关资料, 每个美国家庭中约有 3 个灯泡每天照明在 5h 以上, 如果每个家庭的这 3 个灯泡都用荧光灯取代, 则每天可以减排 CO₂ 约 2400 万吨; 如果每个家庭只将最常用的灯泡更换成荧光灯, 则美国每年的电量消耗可以减少 320 亿度。

美国环保局有关照明节能的举措有:

① 颁布能源之星 3.1。

② 开展紧凑型节能灯的能源之星认证。

③ 开展家居照明灯具系统 (灯、镇流器、灯具) 简化矩阵式互配的能源之星认证。

美国能源部在 2020 年照明研究方向展望中提出, 采用感应式照明系统以及电网高峰时减载的电子镇流器, 为调光镇流器等的准入作准备。

“中国绿色照明工程”主要制定我国“绿色照明”的法规和条例, 鼓励采用光效高、光色好、寿命长、安全性好和性能稳定的电光源, 主要包含以下几方面的内容:

① 采用自身功耗小、噪音低、对环境 and 人身无污染的灯具、电气附件。

② 采用光能利用率高、耐久性好和安全美观的照明灯具。

③ 采用传输效率高、使用寿命长、电能损耗低、安全可靠的配电器材和节能的调光控制设备等。

“绿色照明”不仅仅是传统意义上的节能和提高经济效益, 更重要的是着眼于资源利用和环境保护, 是满足照明质量和视觉环境条件下的更高要求。

荧光灯的光电转换效率为 23%, 即所输入电能的 23% 被转换成了光能, 而另外 77% 的输入电能被转换成了热能。而白炽灯的光电转换效率为荧光灯光电转换效率的 1/4~1/3, 即输入电能仅有 8% 被转换成了光能, 而其余 92% 的输入电能被转换成了热能。如果仅将世界上现用的 200 亿只灯泡中的 50 亿只换成节能的气体放电电子镇流灯, 就可以节省 200GW 的电能。届时我们仅将讨论改变一下灯泡就可以少建几十个电站。由于高频交流电子镇流器的节能效果和巨大的市场潜力, 进入 20 世纪 90 年代后, 各种气体放电负阻性照明灯用高频电子镇流器不断涌现, 形成了一个“绿色照明”的新兴产业。

1.2 照明技术的发展趋势

照明技术的发展方向是高技术化。随着灯和灯具一体化的开发和应用, 以电子镇流器为代表的照明灯具电子化技术迅速发展, 各种集成化装置和计算机控制系统对灯具和照明系统的应用取得了显著的进步。灯具及照明系统在调光、遥控、控制光色等方面均有了很大的改善, 呈现五大特点: 一是现代灯具的调光手段比以前更先进、方便而且灵活, 除了在灯具中

设置调光装置和开关装置外，还采用集成化的红外线接收器、遥控器或遥控的调控装置对投光光源进行调光，或使用计算机进行编程调光，这种调光方式适用于现在的吊顶改造；二是使用场景选择器、光源及低压系统一道工作，用通常的连线把灵活多变的照明设计和多点控制结合起来，这种场景调光器和远距离场景控制器可以多路安装、随意组合，控制效果显著；三是利用计算机遥控台和室内计算机照明控制系统，根据自然照明程度、昼夜时间和用户的要求，自动改变室内装饰照明灯具光源的状态，将整个照明系统的参数设置、改变和监控通过屏幕实现；四是集成化技术正在与现代灯具的发展逐步接轨，各种灯具采用集成化电路后，节能效果显著；五是采用总线技术实现照明系统的点控、组控和群控，具有节能效果明显、使用方便、控制灵活等一系列优点。

图 1-1~图 1-3 分别为采用 DMX 数控调光控制协议的电子镇流器电路板实物图，它们主要用于影视照明的应用场合；而图 1-4~图 1-6 分别为采用有关电子镇流器用控制集成电路构成的电子镇流器电路板实物图，它们主要用于民用、办公以及各种商业照明的场合。



图 1-1 DMX 数控电子镇流器



图 1-2 DMX 数控电子镇流器和控制电路

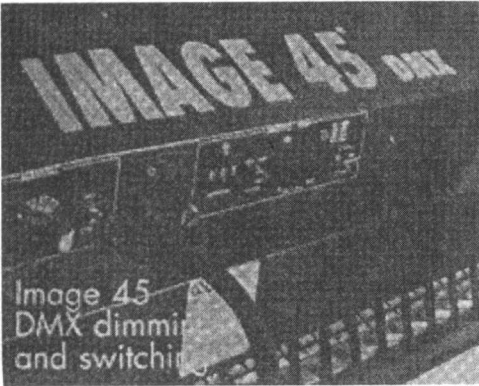


图 1-3 DMX 数控电子镇流器调光控制电路

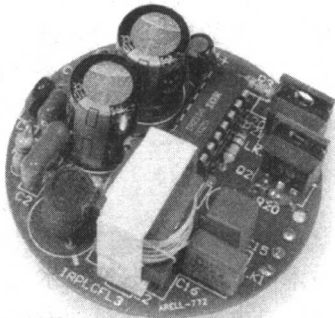


图 1-4 CFL 灯用电子镇流器电路板（之一）

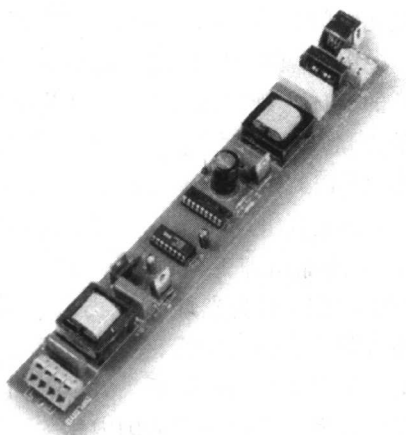


图 1-5 管形荧光灯用电子镇流器电路板

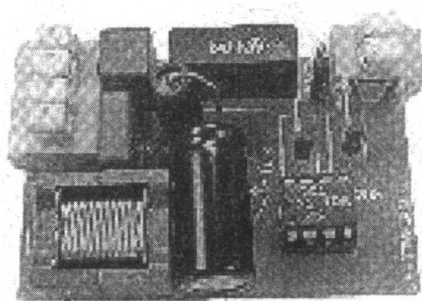


图 1-6 CFL 灯用电子镇流器电路板 (之二)

1.3 高频交流电子镇流器

由于气体放电灯（如荧光灯、霓虹灯和 HID 灯等）是一种负阻性电光源（特性曲线如图 1-7 所示），要使其正常稳定工作，需加一个限流装置。这个限流装置叫做镇流器。目前气体放电灯使用的镇流器主要有两种：电感式镇流器和高频交流电子镇流器。由于电感式镇流器工作在工频市电频率，体积大、笨重，还需要消耗大量的铜和硅钢等金属材料，散热困难、镇流效率低、发光有频闪，所以现在一些电光源界的科技工作者正在纷纷寻找新的镇流方法，而高频交流电子镇流器就是一种有效的方法。

由于高频交流电子镇流采用高频开关变换电子线路的方法实现镇流，具有无频闪、镇流效率高、体积小、重量轻、可调光、不使用大量铜材和硅钢材料等一系列优点，所以自 20 世纪 70 年代以来，高频交流电子镇流器一经问世就受到了广大用户的欢迎，其发光效率与工作频率的关系如图 1-8 所示。

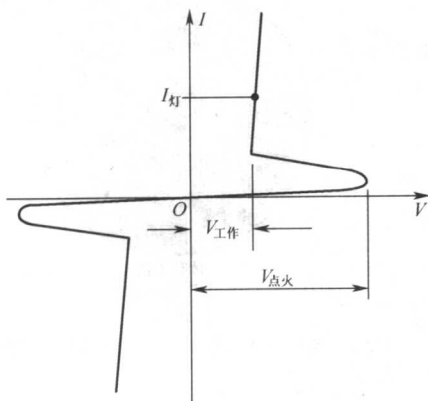


图 1-7 负阻性电光源的特性曲线

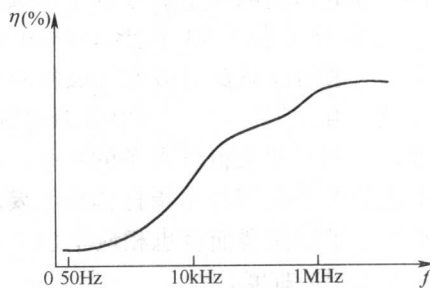


图 1-8 高频交流电子镇流器发光效率与工作频率的关系曲线

自 20 世纪 80 年代末以来，IEC928 (1990)、GB15143 (1994)《管形荧光灯用交流电子镇流器一般要求和安全要求》、IEC929 (1990)、GB/T15144《管形荧光灯用交流电子镇流器的性能要求》和 IEC61347 (Lamp Controlgear/2000/10) 等技术标准相继颁布与实施，使交流电子镇流器的研究、开发、生产有了统一的技术规范。

由于高频交流电子镇流器具有节能、荧光灯发光无频闪、节省原材料和易于实现照明智能控制等一系列优点（IEC929 的附录 E 就是针对电子镇流器的联网控制而提出的，而以欧洲为代表提出的 DALI 控制协议就是 IEC929 附录 E 的具体实现方法之一），目前世界上一些著名的大专院校、科研院所、公司都投入了较大的力量进行高频交流电子镇流器的研究、开发和生产。如美国弗吉尼亚大学功率电子研究中心（VPEC）的李泽元教授领导的科研组织每年都有相关论文和实验报告在 IEEE 功率电子学学刊上刊出，并提出了诸如高频能量反馈、采用电荷泵功率因数校正的电子镇流器等概念；美国加州理工大学（UCT）的 S. Cuk 教授提出了单级高功率因数电子镇流器，这是一种用于紧凑型荧光灯的 E 类电子镇流器；西班牙、巴西以及我国台湾和香港地区的一些著名高等院校、科研院所、公司也投入了一些高水平的科研人员和实验室进行研究开发。同时，国内一些著名科研院所、大学（如浙江大学、哈尔滨工业大学等）等都投入了较大力量进行研究开发。这点可以从国内相关科技文献看出。但是勿容置疑的是，我国是世界上电子镇流器的一个生产大国，我国有较多的公司、企业从事这种“绿色电光源”产品的生产。

由于高频交流电子镇流器要求体积小、造价低，并且对电磁辐射干扰、输入功率因数（PF）、波峰因数（CF）、可靠性等技术指标要求严格，所以要做出一个满足高性能、低价格、小体积、低电磁辐射干扰和使用安全可靠等要求的高频交流电子镇流器并非易事。往往让人感到，看似简单的一个电子镇流器产品，实际上其技术含量很高，是一个涉及电路拓扑、高频电子变换、谐振开关（ZVS、ZCS）、LC 串/并联谐振、功率因数校正（APFC、PPFC）、电磁干扰抑制、信号传感、信号采集和控制、电子元器件、电光源器件等电力电子技术方方面面的电子产品。同时，如何测量高频交流电子镇流器的技术参数，如功率、高频谐波成分、效率、电磁辐射干扰（EMI）等，也是高频交流电子镇流器的研究热点。

同时实践证明，要做出一只高性能的高频交流电子镇流器，还需对它的灯负载的技术特性、灯负载对电源的技术要求有所了解，否则要做出一只高性能的高频交流电子镇流器也是件不现实的事。

由于对电网供电质量的要求不断提高，国际电工技术委员会（IEC）于 1982 年制定了 IEC555-2《家用设备及类似电气设备对供电系统的干扰》和 IEC1000-3-2《电磁兼容性标准》等标准，分别对相关电气设备的功率、谐波成分、电磁辐射干扰等技术指标作出了要求，对高频交流电子镇流器而言也相应增加了电路的设计难度和制造难度。

各种类型的电子镇流器市场分布情况如图 1-9 所示。

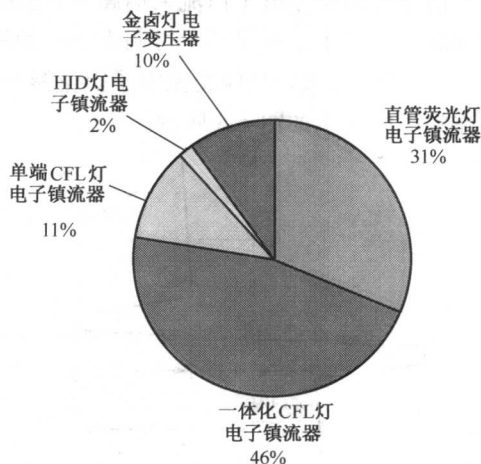


图 1-9 各种类型的电子镇流器市场分布情况

1.4 对电子镇流器的技术要求

当气体放电灯与电子镇流器配套工作时，为保证气体放电灯能正常点燃、可靠工作，且

对灯的性能不造成损害，电子镇流器必须满足以下要求。

① 给灯管两端提供一个足够高的启动电压，使灯管可靠点火。目前，多数的电子镇流器是通过 LC 串联谐振电路发生串联谐振，从而产生灯管点火所需的高电压，并使其施加于灯管两端将灯管启动点火（荧光灯的典型预热、点火及工作过程的灯电压和灯工作频率关系曲线如图 1-10 所示）。同时还要对灯管阴极进行预热，并且预热时间应不小于 0.4 s，阴极预热电压或电流必须符合产品标准的有关要求。

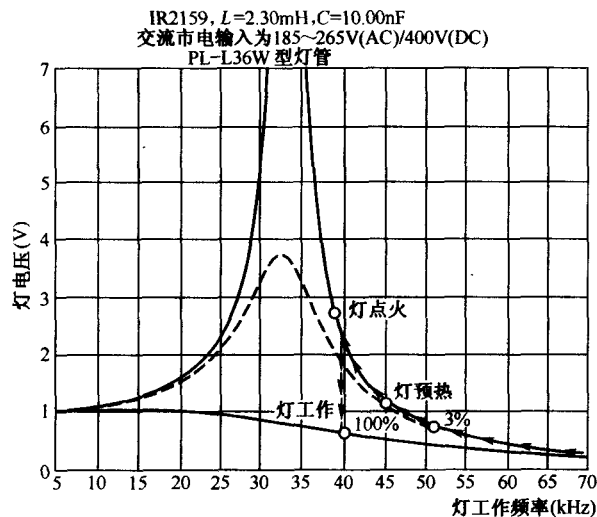


图 1-10 荧光灯的典型预热、点火及工作特性曲线

② 在灯管点火之后，必须为灯管提供一个大小合适并且稳定的工作电流。灯管工作电流若高于它的额定工作电流，会影响灯管的使用寿命；但若灯管的工作电流偏小，则会影响灯管的发光效率。电子镇流器的输出功率、施加于灯管两端的电压和给灯管提供的实际工作电流必须与所配接的灯管参数相匹配。

荧光灯的工作过程如图 1-11 所示，荧光灯的工作模式、典型预热、点火、工作过程如图 1-12 所示，即需要满足以下要求：

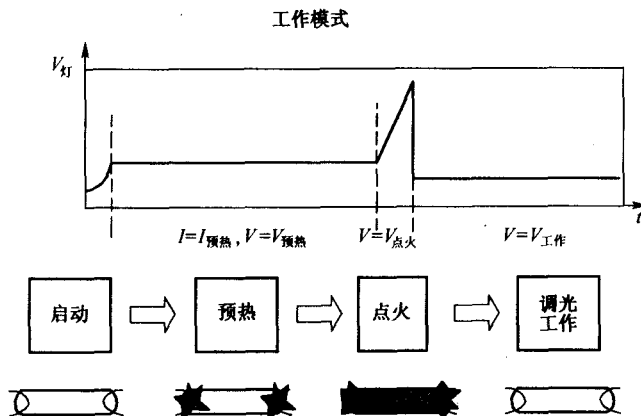


图 1-11 荧光灯的工作过程

- ① 电子镇流器必须能够控制灯管的工作电流或功率。
- ② 在灯管被触发电亮之前必须对灯管的灯丝进行预热，从而提高灯管的使用寿命。

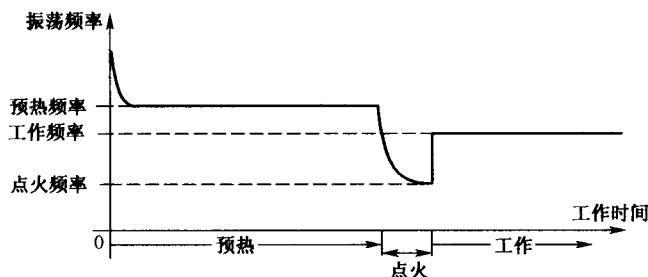


图 1-12 荧光灯的典型预热、点火、工作过程图示

③ 灯管触发失败时能够被检测到，并且能对电子镇流器自身进行保护。

④ 由于安全的原因，当灯管取走时（即灯管不在位），电子镇流器能实施保护。

⑤ 灯管的电流波峰系数（CF）必须低于 1.7，这样可以提高灯管的使用寿命。

⑥ 对灯管寿命、启动次数、预热特性有如下要求：灯管的使用寿命应不低于 30000h、启动次数不低于 10000 次和灯丝预热时间应满足 0.4~1s 等。

同时，对电子镇流器而言，必须把电子镇流器的总谐波电流含量（THD）控制在标准规定的范围内，以防止电子镇流器对电网造成污染，实现高功率因数。如果电子镇流器不采取谐波滤波和 PFC 措施，输入电流波形会出现严重畸变。过高的谐波电流含量会使交流供电电源的中线电流增大，引起中线超负荷，影响供电系统的安全运行。尤其是当电子镇流器在商场、大厦这类公共场合密集使用时，往往会使电子镇流器出现成批损坏，甚至会引起火灾。如果不对电子镇流器的谐波电流含量采取抑制措施，线路功率因数会降低到 0.6 以下，这是供电电网所不允许的。另外，由于电子镇流器的开关工作频率高达 20~60kHz，所以必须将电磁干扰（EMI）和射频干扰（RFI）降低到可以接受的程度。

电子镇流器的主要技术指标有：镇流系数（lm/W）、造价、可靠性/安全性、灯管失效电子镇流器电路的安全关断、灯管寿命终止电子镇流器电路的安全关断以及灯管置位后电子镇流器电路的自动再启动等。

由于电子镇流器具有节能、易于实现调光和智能控制等一系列优点，其应用前景看好。同时，为了进一步提高电子镇流器的性能指标，应在进一步提高电子镇流器的功率因数校正和谐波抑制能力，改善灯丝的预热功能，扩大紧凑型荧光灯的使用（CFL）范围，采用智能照明技术（如采用微处理器技术、计算机网络技术等），采用具有功率因数校正功能的单级电子镇流器、多灯应用电子镇流器（如一个电子镇流器带多盏灯管或在同一应用场合下使用很多的电子镇流器等），采用电子镇流器调光技术（如模拟、数控调光和计算机网络调光等）等。

1.5 常用高频交流电子镇流器电路及其改进

1.5.1 单级半桥谐振变换式电子镇流器电路

由于半桥谐振式逆变电路具有自平衡能力强、工作可靠、功率开关管耐压要求较低等一系列优点，所以采用半桥谐振式逆变电路为灯负载供电的功率变换电路使用得最为广泛。它主要由交流市电供电整流滤波电路、启动电路、串联谐振高频逆变电路、保护电路以及灯负载等几部分电路组成。典型应用电路原理图如图 1-13 所示。

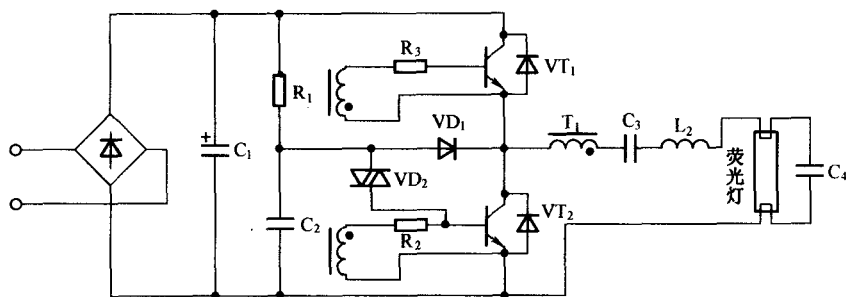


图 1-13 典型高频交流电子镇流器电路原理图

这是一个典型的自激振荡、自启动的 LC 串联谐振半桥逆变的高频交流电子镇流器电路，谐振主要由 L_2 、 C_3 、 C_4 完成（ T_1 绕组的电感量和 L_2 的电感量相差较大，所以这里主要考虑 L_2 的电感量），利用谐振时电容 C_4 上的高频高电压点亮灯负载。当灯负载电流发生变化时，会影响谐振回路的 Q 值，从而影响谐振电容 C_4 上的谐振电压，实现稳定灯负载电流的作用。

由于这种电路采用元器件少，造价低，所以目前国内市场上见到的高频交流电子镇流器大多采用类似的电路。但是这种电路存在以下缺点：

① 无灯丝预热功能，易产生灯丝电极溅射作用，从而降低灯丝的使用寿命，使用时间一长易造成灯管一端发黑的现象。

② 由于采用市电整流后直接给半桥逆变级供电，所以会产生很强的高次谐波干扰，降低交流市电输入侧的功率因数，并降低电源供电效率。当采用这种电路的高频交流电子镇流器大量使用时，会造成三相四线供电电网的地电位偏移，因而导致用电设备的损坏。

③ 由于半桥逆变级工作在高频开关逆变状态下，所以产生的高次谐波会产生相应的电磁辐射干扰，影响其他用电设备的正常工作。

④ 由于电路没有设保护电路，所以一旦市电电源供电发生故障（如电网电压升高过多）或灯负载发生破裂等故障时，易造成电路损坏，严重时还会引发火灾事故。

1.5.2 两级串联高频交流电子镇流器

针对单级半桥谐振式高频交流电子镇流器电路存在的以上缺陷，人们又开发设计出了双级谐振式高频交流电子镇流器电路。它主要在普通的单级谐振高频交流电子镇流器的基础上，再加了一级有源功率因数校正（APFC）电路，用以进行交流市电输入整流滤波的功率因数校正，并限制高次谐波成分，从而达到减小电磁辐射干扰、提高输入侧功率因数（PF）值的目的。由于有源功率因数校正还有预稳压的作用，同时还可以调光（调节 APFC 输出电压），所以既可提高电子镇流器的电性能，又可以提高其工作可靠性。

有源功率因数校正按电路构成可分为降压式、升/降压式、反激式以及升压式等几种；按控制市电输入电流的工作原理又可分为平均电流型、滞后电流型、峰值电流型以及电压控制型等几种；按功率因数校正电路中电感电流的工作方式又可分为电流连续型（CCM）和电流不连续型（DCM）。

升压式有源功率因数校正电路具有 PF 值高、THD 值小、效率高等优点，但需输出电压高于输入电压，适用于 75W~2kW 的应用场合，目前应用最为广泛。而 DCM 型 APFC 电路由于结构简单，功率开关管上的电应力小，所以在电子镇流器中应用广泛。

图 1-14 为两级具有 APFC 功能的高频交流电子镇流器电路的工作原理图。