

基于PL3106的路灯电子镇流器调光设计

采用一种内嵌增强型8051兼容微处理器的调制解调芯片PL3106对路灯电子镇流器进行数字调光控制设计,并结合低压电力载波通信技术,提出一种远程集中控制方案。设计了集中器的控制硬件电路,通过单片机控制占空比大小调节灯功率变化,实现远程调光功能。最后,对所设计的调光电路进行了仿真与实验验证,结果表明,该电路可实现路灯电子镇流器的远程数字调光。

彭红娟 郭颖娜 程为彬/西安石油大学工程学院



彭红娟/硕士研究生

为了实现绿色照明,现代化的路灯照明系统要求在夜间高峰时满功率运行,深夜行人稀少时降低功率运行以达到节能的目的^[1]。虽然目前与照明光源配接的电子镇流器已具备调光功能,但大都采用模拟调光,难以较好地实现数字调光功能^[2]。计算机和通信技术的快速发展使自动化程度高、运行可靠的路灯监控系统的实现成为可能,依靠路灯监控系统的智能网络化管理,在远程控制中心即可完成对电子镇流器的调光控制,可提高管理水平,减少维护成本,并节省能源。本文以低压电力线作为通信介质,采用PL3106芯片作控制器,通过改变占空比大小调节灯功率变化,实现远程调光功能。

关键词/Keywords

路灯电子镇流器·

数字调光·

PL3106·

调光控制系统总体结构

该路灯控制系统分为集中控制器和终端控制器两层结构,如图1所示。系统中,每个路段只设有一个集中器,每个集中器兼做一个终端控制器,所有终端控制器具有相同的地址。集中器接收上

级网络命令,并将调光控制信号以广播方式通过AC 220 V电力线载波发送到从控端,实现与从控端的通信。从控端接收到广播信号后,执行信息所包含的指令,对路灯电子镇流器进行调光控制。

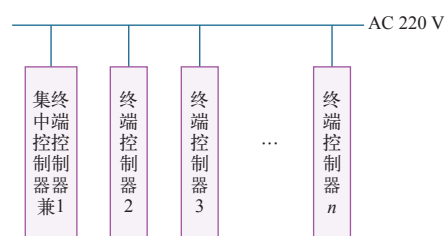


图1 调光控制系统总体结构图

1. 可调光电子镇流器结构图

可调光电子镇流器包括EMI滤波电路,整流电路,两个功率开关管 VT_1 、 VT_2 组成的半桥逆变电路,输出滤波电感,以及由基本的微型控制器和门极驱动集成电路组成的信号驱动电路,如图2所示。采用内嵌8051微处理器的调制解调芯片PL3106进行调光控制,该芯片不但能实现恒频、占空比可变的调光控制,而且可以经收发电路实现远程通信。

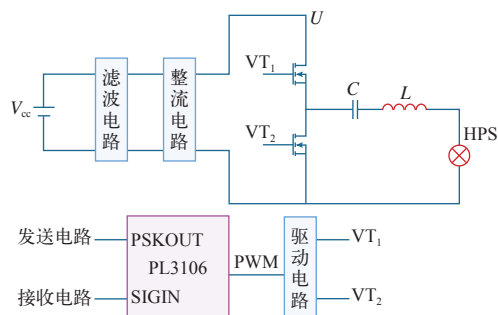


图2 可调光电子镇流器结构图

2. 调光控制

可调光电子镇流器是通过调节电子

陕西省工业攻关计划(2013K07-14)。

镇流器的输出功率，即灯端功率来实现的。其主要方法有调压调光、调频调光、占空比调光以及交替频率调光等^[3]。对于高频工作状态的高压钠灯（HPS），调占空比是一种应用比较广泛的方法，灯功率会随着逆变电路开关占空比（0.1~0.5）的升高而升高，具有损耗小、可实现软开关控制等优点^[4-5]，因此本设计选择变占空比调光。调光公式表示为

$$P_n = \frac{2[UDSa(n\pi D)]^2 R_{lamp}}{R_{lamp}^2 + (2n\pi f_1 L)^2} \quad (1)$$

式中， P_n 为电子镇流器的输出功率； U 为周期矩形信号的脉冲幅值； D 为PWM开关占空比； f_1 为PWM开关频率； R_{lamp} 为HPS灯稳态工作时等效的纯电阻^[6]。

图3为一个功率为150 W的高压钠灯的灯功率随占空比的变化曲线，在占空比为0.1~0.5的调节范围内，灯功率可从10%调节到100%。

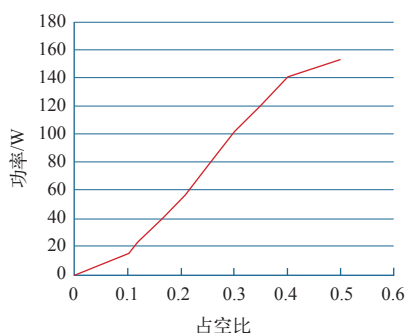


图3 灯功率-占空比变化曲线图

PL3106控制硬件电路

1. 控制策略

PL3106芯片在系统电路中既可作为控制电路又具备通信功能，只需额外加低压电力线便可实现远程控制。本系统主要通过PL3106集中器对路灯电子镇流器进行集中控制与检测，经电力载波收发模块，使系统实现远程数字调光功能。图4为PL3106集中器在开启路灯后至关闭路灯前灯功率随时间变化的控制策略图。

1) 当时钟控制路灯开启之后至次日凌晨，单片机控制占空比大小一直保持在0.5，系统进行满功率运行。

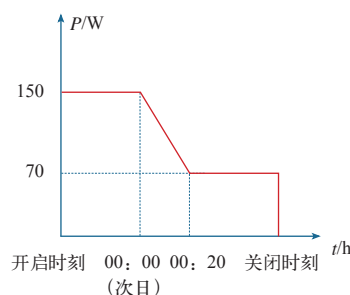


图4 灯功率随时间变化控制策略图

2) 当凌晨至时钟控制路灯关闭时，在系统不必要满功率运行的应用场合，通过单片机控制占空比，缓慢减小灯功率至70 W，直到路灯关闭。

上述操作程序适用于不同地区并且不需要硬件变化，所有这些通过单片机中的软件来改变。只需通过软件编程改变集中控制器的占空比即可实现对路灯电子镇流器的功率调节。

2. 信号驱动电路

采用由PL3106控制芯片、光耦合6N137以及驱动IRS21091组成的集成电路来改变灯功率的变化。PL3106芯片内置2路16位 $\Sigma-\Delta$ 调制A-D转化器和1路8位PWM调制D-A转换器，可配置不同占空比（10%~90%）。为了将控制信号可靠安全地传输给驱动电路，一般需要采用隔离电路，设计中采用光耦合6N137。IRS21091是一种新型的CMOS和IGBT驱动芯片，具有为半桥应用而设计的独立参考输出通道，其主要控制电路如图5所示。

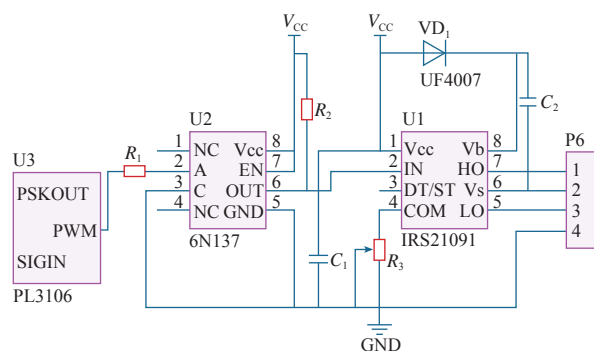


图5 PL3106控制电路

图5中，单片机PWM提供的脉冲信号经限流电阻 R_1 进入光耦合芯片，因为该芯片的引脚6是集电极开路输出，所以接上拉电阻 R_2 进入IRS21091

的IN端。电容 C_1 为0.1 μF 的陶瓷电容，做滤波用。DT/SD端可变电阻 R_3 阻值0~50 $\text{k}\Omega$ ，用于调节死区时间，防止电子镇流器中两个功率开关管直通，以免损坏器件。 VD_1 与 C_2 组成自举电路， VD_1 为快恢复二极管UF4007，自举电容 C_2 为聚丙烯薄膜，其值为0.1 $\mu\text{F}/630\text{ V}$ 。当输入信号为方波信号时，则HO、LO输出为相互对称的两路18~80 kHz高频方波信号。当方波信号的占空比改变时，HO、LO输出的高频方波信号的占空比也会改变，调节灯功率的大小，即实现调光功能。同时集中器通过电力线载波通信所控制的终端控制器，经收发电路，也实现调光功能。

3. 通信电路

通信电路如图6所示。当PL3106集中器处于发送状态时，在该芯片内部完成调光信号的直接序列扩频和PSK调制，经PL3106引脚PL7 (PSKout) 输出，此引脚输出时应接一个上拉电阻，使载波输出时PSKout点波形为方波或正弦波，经过推挽电路进行功率放大后，耦合进入电力线。终端控制器根据电力线传来的调光信号，经过耦合电路进入接收端。接收电路和发送电路间由 R_{14} 隔离，在本地强信号下有效吸收衰减。电感 L_4 和电容 C_{15} ，组成了并联谐振回路，该谐振回路以扩频信号的中心频率为基准进行设计，以完成对有效信号的带通滤波。若选择电容 C_{15} 为1.5 nF，根据谐振公式

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

计算得电感 $L_4 = 1.17\text{ mH}$ 。良好的选频回路可以提高载波接收的灵敏度。接收的载波信号被二极管 VD_5 和 VD_6 钳位在0.7 V，经电容 C_{14} 后引入PL3106芯片内部进行解扩处理，得到原始信号，即调光信号。根据Modbus协议，其内嵌的8051CPU对数据进行有效处理，向该路段所有路灯电子镇流器发出与集中器占空比相同的调光控制信号。

调光功能仿真与实验验证

1. 调光功能仿真

基于集中器控制电路，用仿真软件对150 W HPS灯进行了时域仿真，PL3106可输出占空比为

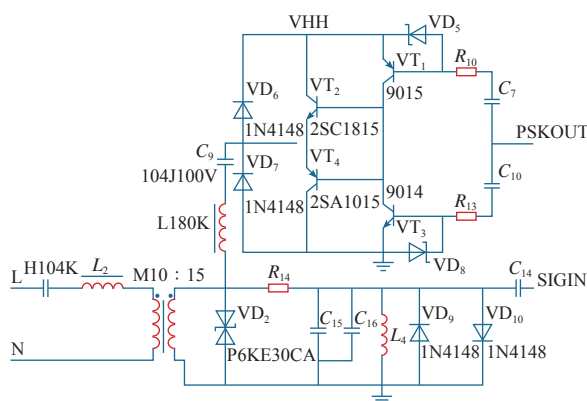


图6 通信电路

0.1~0.9变化的脉冲信号，工作频率固定为20 kHz，电子镇流器母线电压 U 选为310 V，150 W HPS灯的等效电阻为60 Ω ，扼流电感为500 μH 。当PL3106集中器输出占空比为0.2、0.5和0.75时，集中器及终端控制器灯两端的电压电流仿真波形如图7所示。

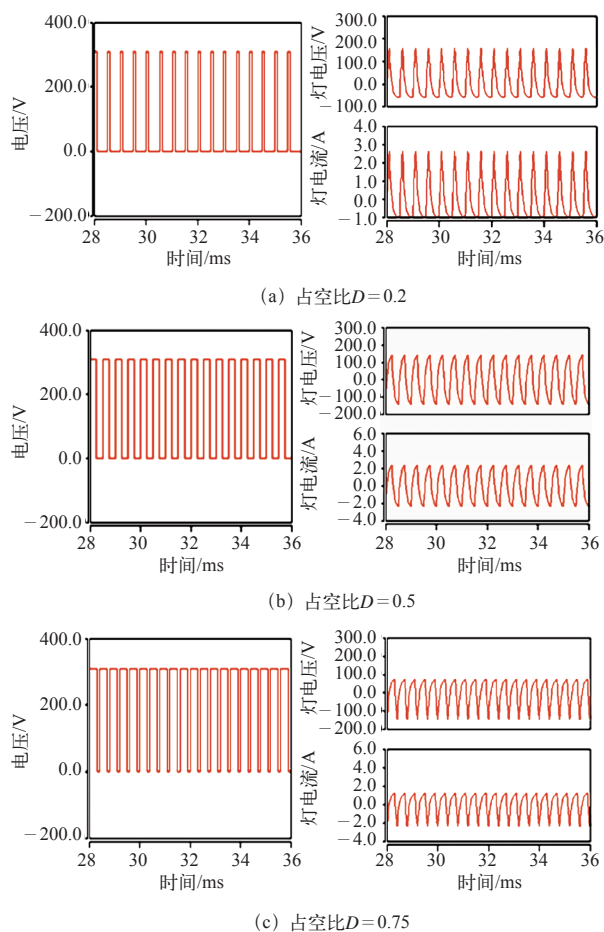


图7 灯两端电压电流波形

从图7可以看出,当半桥逆变开关频率恒定时,占空比越小,灯功率就越小。当集中器输出脉冲占空比为0.2时,灯两端电流波峰因数很大,甚至会出现电流的断续;当逆变器开关占空比保持在0.5时,输出电压、电流的波形接近正弦波;当占空比为0.75时,灯两端电流又出现了波峰因数大等现象。这就说明改变PL3106集中器的占空比大小可实现所控制灯两端电流即功率的变化,达到远程调光功能。

2. 实验验证

集中器调占空比调光试验中, VT_1 、 VT_2 功率开关选择IRF840,示波器采用DS1204B,PL3106的输出频率为20 kHz。当集中器输出占空比为0.2、0.5的脉冲时,控制电路输出波形和灯两端电流波形分别如图8和图9所示。



图8 控制电路输出电压波形

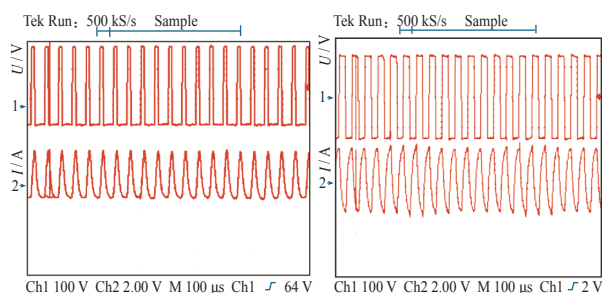


图9 灯两端电流波形

可以看出,控制电压及灯电流波形与仿真基本一致,通过改变单片机输出脉冲占空比可改变所控制灯两端电流的变化,进而改变了灯两端的功率,只要PWM驱动信号占空比以序列方式在0.2~0.5范围内变化就能实现数字调光。

结束语

从远程控制的角度出发,提出了一种由单片

机集中控制半桥逆变电路的调占空比调光方案,设计了以PL3106为主要控制芯片的硬件电路。经仿真与实验验证,改变集中器的开关占空比大小,可实现集中器及终端控制器灯两端电流即功率的变化,实现远程调光功能。该电路设计简单,控制方式灵活,可应用于多种场合的路灯电子镇流器调光方案。

参考文献

- [1] 韩颖. 多通信模式调光型HPS灯电子镇流器的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
- [2] Wang Maojun, Xu Dianguo. Dimmable control of digital electronic ballast for HPS lamps [C]. IEEE Intelligent Control And Automation, 2006, 23 (21): 7864-7868.
- [3] 李桦, 许建炳, 钱照明. 一种数控可调光高强度气体放电灯电子镇流器 [J]. 电力电子技术, 2005, 39 (2): 64-74.
- [4] 雷芳, 程为彬, 习璐, 等. 舞台照明的变占空比闪烁控制 [J]. 电气应用, 2014, 33 (6): 31-39.
- [5] 田丰, 郭颖娜, 程为彬, 等. HPS舞台灯的设计与控制 [J]. 照明工程学报, 2012, 23 (6): 136-140.
- [6] Da Silveira Cavalcante Fabiana, Barbi Ivo. A new dim-mable 70 W electronic ballast for high pressure sodium lamps [C]. IEEE Industry Application Society Annual Meeting, 2002: 1856-1862.
- [7] 张德春, 郭颖娜, 程为彬, 等. 声谐振组合频率调制电路的优化与设计 [J]. 电源技术, 2013, 37 (3): 465-467.
- [8] 杨国仁. HID电子镇流器及其Saber仿真 [D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [9] 游雨云, 程智君. 以51单片机实现智能路灯控制的探讨 [J]. 技术研发, 2013, 20 (6): 8-11.
- [10] 张允霞. 基于载波通信的智能路灯控制系统的研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2008.

(收稿日期: 2014-10-10) EA