

文章编号: 1671-251X(2009)12-0128-03

基于 ARM 的智能节电器的设计

赵贵中

(广东电网惠州供电局, 广东 惠州 516003)

摘要: 介绍了 一种以 ARM 单片机 LPC2106 为控制核心的智能节电器的设计, 阐述了该节电器的工作原理、硬件结构及软件设计。该节电器根据 LPC2106 设定的时间-电压表、采用增量 PI 算法对高频 PWM 调压电路进行全自动调节, 可实现电压高精度大范围连续无级平滑调节功能。实验证明, 该节电器可靠性高、使用方便、节电效果明显。

关键词: 智能节电器; ARM; PWM; PI 控制

中图分类号: TD609; TP368.2 **文献标识码:** B

0 引言

近年来, 随着我国国民经济高速发展和城市化水平的提高, 电能的需求不断增大, 使得电力供求日趋紧张。而伴随城市化水平的提高, 路灯铺设面积的不断扩大, 却带来了维护费用成倍增加的问题。这对于财政紧张的城市而言, 是一笔沉重的负担。

路灯照明具有时间性的特点, 如上半夜车流量大, 需要的照明质量高, 因此, 上半夜需要的电压水平高, 而后半夜车流量少, 可降低照明质量, 既可节省电能又不影响照明效果。

节电的方式主要有 2 种: 一种采用高效率的节能灯和输电线; 另一种是在原有的线路基础上增加节电装置。前者要求对现有的线路系统进行改造, 前期投资较大, 国内一般不采用。而后者是在现有的照明系统基础上加设节电装置, 该方法比较方便、经济和实用。节电装置一般采用降压节电的方法, 该方法不仅可以节约电能, 还可提高灯具的寿命, 得到了广泛的应用^[1~2]。本文介绍一种基于 ARM 的智能节电器的设计, 供大家参考。

收稿日期: 2009-08-26

作者简介: 赵贵中(1981-), 男, 硕士, 2007 年毕业于华南理工大学, 现在广东电网惠州供电局主要从事电力系统运行方面的工作。
E-mail: jack_cat2@163.com

[3] 李 勋. 单片微型计算机[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998.

[4] 康华光. 电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社,

1 节电器原理及工作方式

1.1 节电器控制原理

基于 ARM 的智能节电器根据时间-电压表、采用增量 PI 算法对高频 PWM 调压电路进行全自动调节, 可实现电压高精度大范围连续无级平滑调节。其主回路控制框图如图 1 所示。

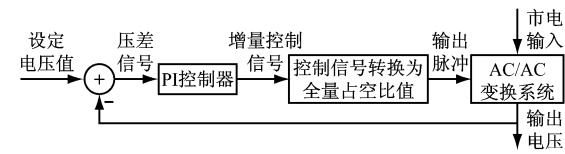


图 1 节电器主回路控制框图

通过对输出电压的实时跟踪, 控制模块运算输出电压的变化, 采用增量 PI 控制方法, 运算电压增量控制信号, 再将该控制信号转换为全量占空比值, 作为 AC/AC 变换系统的 PWM 控制信号, 从而调整输出电压, 使其稳定在设定电压值的允许误差范围内。该节电器具有自适应的特性, 使输出电压不受市电波动的影响^[3]。

1.2 节电器的工作方式

由于路灯照明一般采用三相平衡供电, 每一相电压可单独控制, 控制方式相同, 因此, 本文只介绍对单相供电线路的控制。节电器主功率回路控制电路如图 2 所示。

节电器启动前, 触点 KM1、KM2、KM3 均为打开状态, 当节电器启动后, 中间继电器 JK2 动触头

1998.

[5] 曾 洁, 郭永伟. 基于 MC33993 与 AT89C2051 多路红外遥控系统的电路设计[J]. 电子技术应用, 2004(10).

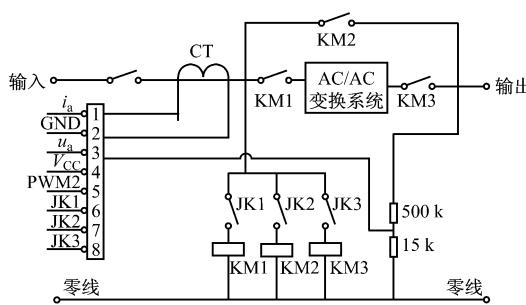


图2 节电器主功率回路控制电路图

与接触器 KM2 的控制回路相通, 绕组 KM2 通电, 触点 KM2 闭合, 主功率回路旁路, 输出与输入经 KM2 触点相连, 电压相等。

经 ARM 单片机内预设的延时, ARM 单片机首先发出全量占空比为 1 的高频 PWM 脉冲信号, 驱动 AC/AC 变换系统, 接着发出使中间继电器 JK1 闭合的控制信号 JK1, 使绕组 KM1 通电, 触点 KM1 闭合, AC/AC 变换系统输入有效, 接着 ARM 单片机向中间继电器 JK3 发出闭合信号 JK3, 绕组 KM3 通电, 触点 KM3 闭合, AC/AC 变换系统输出有效, 主功率回路开始工作, 并与旁路并联输出。延时一小段时间后, ARM 单片机向中间继电器 KM2 发出打开信号, 绕组 KM2 失电, 触点 KM2 打开, 旁路停止向负荷供电, 由 AC/AC 变换系统向负荷供电。

PI 控制器通过改变 PWM2 的占空比, 使控制目标值按照 ARM 单片机内设定的时间- 电压表变化。其中时间- 电压表保存了 8 个时间值及其对应的电压值, 用户可根据需要设置时间- 电压表, 如设置时间 1 为 18: 00, 对应的电压值为 210 V; 时间 2 为 20: 00, 对应的电压值为 220 V。ARM 单片机实时监测整个照明系统状态, 包括监测电压、电流及温度值, 如果某一因素出现异常, 则进入相应的异常处理过程。

2 节电器硬件系统设计

节电器硬件系统主要包括强电部分、控制单元、电流采样、温度采样、V- F 变换器、LCD 显示及键盘电路, 如图 3 所示。

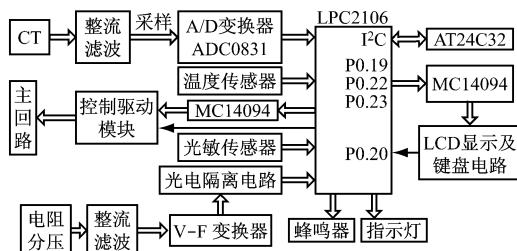


图3 节电器硬件系统结构图

(1) 强电部分

强电部分包括一个基于高频 PWM 的 AC/AC 变换系统、3 个接触器、1 个漏电开关、3 个中间继电器(见图 2)。

(2) 控制单元及外围电路

节电器控制单元采用 Philips 公司生产的 32 位 ARM 单片机 LPC2106 为控制核心, LPC2106 的 CPU 工作频率可高达 60 MHz, 片内带有 128 KB 在线可编程快速擦写(10 000 次)FLASH, 64 KB 静态 RAM, 32 个可单独编程的通用 I/O 口, 2 个 32 位定时器/计数器, 32 个中断源, 2 个可编程异步串行口, 可编程 I²C, SPI 接口、PWM 模块等外设资源, 可满足节电器的控制要求。

图 3 中, 从电流互感器采集到的电流经过整流滤波, 输入到 A/D 变换器 ADC0831。LPC2106 通过串行通信协议可读取 8 位变换数据, 实时检测电流的变化。电压采集电路由 2 个高精度电阻组成分压电路, 向 V- F 变换器输送小于 10 V 的电压, 再经过光电隔离电路发送到 LPC2106。LPC2106 通过读取单位时间脉冲数, 计算采样电压并校准, 根据得到的采样电压与目标电压值之差, 作出相应的控制策略。

LCD 显示及键盘电路采用 2 片串行转换芯片 MC14094 驱动 LCD 模块及指示灯、蜂鸣器, 可节省 LPC2106 的 I/O 资源。

LPC2106 对接触器及漏电开关的控制信号也是通过 MC14094 输出到控制驱动模块。

节电器带有数据保存部分, 通过 I²C 接口与 AT24C32 通信。AT24C32 为 32 KB 的 EEPROM, 用于保存 32 个用户参数表和运行故障代码, 32 个用户参数表包括时间- 照度曲线、电压电流校准参数、设备预热时间、电流最大值等。

为了实时检测节电器的环境温度, 避免节电器过热运行, 笔者增加了温度保护。当温度大于 80 ℃时, 节电器运行过热处理程序, 逐步将 PWM 信号调整为全“1”, 之后旁路接触器吸合, 节电器退出节电状态。

节电器增加了光敏传感器, 可以根据环境亮度自动启动和关闭路灯照明。

3 节电器控制方法及软件设计

3.1 增量 PI 控制方法

在数字控制系统中, PI 控制器是通过离散 PI 控制算法实现控制功能的。由于对 PWM 控制的占

空比调节需要电压增量, 故需要用增量 PI 控制方法^[4]。离散 PI 算法的差分方程为

$$u(k) = K_P [e(k) + \frac{T_S}{T_1} \sum_{i=0}^{k-1} e(i)] + u_0 \quad (1)$$

式中: K_P 为比例放大系数; $e(k)$ 为当前电压采样值与目标值之差; T_S 为采样周期; T_1 为电压周期; u_0 为采样初值。

由式(1)可以求出:

$$\begin{aligned} \Delta u(k) &= u(k) - u(k-1) \\ &= K_P [e(k) - e(k-1) + \frac{T_S}{T_1} e(k)] \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)称为增量式 PI 算法。式(2)归并后, 得到:

$$\Delta u(k) = q_0 e(k) + q_1 e(k-1) \quad (3)$$

$$\text{式中: } q_0 = K_P + \frac{T_S}{T_1}; q_1 = -K_P.$$

从式(3)可看出, 控制输出电压的增量大小只与当前电压采样值与目标值之差及前次差值有关, 相关量少, 算法简单。采用该算法, 运算速度快, 单片机运算能力要求相对低, 另外可以通过调整 q_0 与 q_1 值改变响应特性, 使调节特性最佳。

3.2 软件设计

节电器软件系统的工作流程包括系统初始化、系统自检、设备预热、节电状态、异常处理。笔者采用 C 语言在 ARM 编译环境 CodeWarrior for ARM Developer Suite 中编程, 程序采用模块化设计思想, 主要完成的功能模块包括人机界面模块、电流采集模块、电压采集模块、温度采集模块、PWM 信号输出模块、控制信号输出模块、看门狗模块等。节电器软件系统主程序流程如图 4 所示。

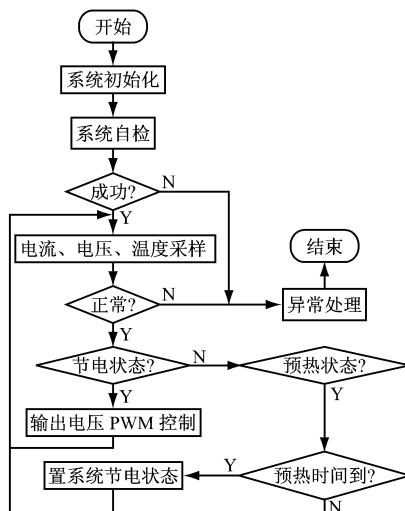


图 4 节电器软件系统主程序流程图

初始化程序主要完成变量、32 个用户参数、定时器 1、定时器 2、实时时钟 (RTC)、I²C 模块、UART0、PWM 模块及看门狗 (WatchDog) 的初始化工作。

系统自检程序通过对温度传感器和 AT 24C32 的访问, 判断系统工作状态。

电流、电压、温度采样程序采集节电器参数, 并判断节电器是否处于正常运行状态: 根据采集的电流值, 判断主回路是否过负荷运行或断线; 根据采集的电压值, 判断主回路是否过压或低压; 根据采集的温度值, 判断环境温度是否安全。如果节电器异常, 则进入异常处理模式, 否则进入正常模式。

节电状态程序和设备预热程序都属于系统正常状态。节电状态程序根据采集的输出电压值, 采取增量 PI 控制策略, 调节 PWM 信号占空比, 使输出电压稳定在目标值。增加设备预热时间等待主要是考虑了气体放电光源 (HID 灯) 的启动特性, 用户可根据不同类型的 HID 灯以及老化情况, 调节预热时间, 使启动性能最好。

异常处理程序主要完成当电压、电流及温度出现异常情况时, 进行相应的主功率回路旁路及声光报警等操作。

4 结语

本文介绍的节电器采用 32 位 ARM 单片机 LPC2106 作为控制核心, 具有处理速度快、工作稳定、性价比高等特点。软件设计具有人性化, 可实现按所需时间 - 电压表无级调节灯光照度。实验证明, 该节电器设计原理简单、控制方便、成本低、节电效果明显。

参考文献:

- [1] 朱漫. 基于 AT 89C51 智能节电器的研究 [J]. 湖南冶金职业技术学院学报, 2006, 6(1): 97-99.
- [2] TOPALIS F V. Efficiency of Energy Saving Lamps and Harmonic Distortion in Distribution Systems [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1993, 8(4): 2038-2039.
- [3] 姚为正, 王兆安. 一种采用高频 PWM 整流电路的大功率不间断电源 [J]. 继电器, 2001, 29(6): 35-37.
- [4] 陶永华, 伊怡欣. 新型 PID 控制及其应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [5] 王晓雷, 吴必瑞, 毋炳鑫. 基于神经网络 PID 控制的开关稳压电源 [J]. 低压电器, 2009(1).