

基于 GPRS 的公路隧道太阳能照明监测及控制系统

GPRS Based Monitoring System of Solar Photovoltaic - illumination Tunnels

王俭坤 曹其新

(上海交通大学机械与动力工程学院机器人所, 上海 200030)

顾江敏 孙树勋 崔容强

(上海交通大学应用物理系太阳能研究所, 上海 200030)

摘 要: 针对电力供应困难、管理不便的公路隧道, 采用智能化的太阳能照明监控系统是一种理想的解决方法。文章提出一种嵌入式控制器, 设计了一种基于 GPRS 无线通信数据远程传输的公路隧道太阳能照明远程监控系统, 介绍了系统的组成、功能和实现的关键技术。实验结果表明, 该系统可以根据车流状况和洞口照度适时调整隧道内照明状况, 以满足交通部关于隧道照明的要求, 具有较强的应用价值。

关键词: 公路隧道太阳能照明 监控系统 GPRS 照明控制器 BP 网络

Abstract: In the illumination of decentralized tunnels in indigent power region, which is difficult to achieve the centralized monitoring and unified management, the intelligent monitoring system of solar photovoltaic - illumination tunnel is an ideal method. An embedded controller was adopted in this paper, and the monitoring system was designed for solar photovoltaic - illumination tunnels based on GPRS wireless communication data remote transfer. The paper presents the composing and the key technology of system. The hardware structure and software flowchart of the illumination controller have been presented in detail. The experiment shows that the system can control the illumination of tunnel according to the standard. The system has reliable performance and is of value to popularization.

Key words: photovoltaic - illumination tunnels monitoring system GPRS illumination controller BP network

0 引言

近年来, 我国公路建设快速延伸, 公路隧道不断增多。依据国家规范, 400m 以上的公路隧道需设照明设施。在能源日益紧迫的形势下, 太阳能作为一种新兴的绿色能源, 以其永不枯竭、无污染、不受地域资源限制等优点^[2-6], 正得到迅速的推广应用。为此, 研究公路隧道太阳能照明监控系统, 实现太阳能为隧道照明供电^[7,8], 将降低工程造价, 减少交通事故, 降低运营管理成本, 从而为具有丰富太阳能资源的西部地区提供一种有效的公路隧道照明手段, 更好地为道路管理者和服务。

国外公路隧道的照明技术研究较早, 经过多年研

究和实践, 技术相对成熟。例如, 早在 20 世纪 60 年代, 意、法两国间的 MontBlanc 隧道就已经按照交通量的变化进行照明调光。但利用太阳能光伏发电替代传统发电方式进行远程监控的例子只在沙特阿拉伯出现过^[3], 因此适应于这种条件的公路隧道太阳能照明监控系统发展也相对缓慢。而国内还未见有太阳能光伏发电技术在公路隧道照明中的应用先例。

1 公路隧道太阳能照明系统工作原理

太阳能公路隧道照明监测及控制系统由太阳能光伏发电电源系统、监测与控制系统、隧道照明系统 3 个主部分构成(如图 1 所示)。太阳能光伏发电电源系统为整个系统提供照明和控制所需电能, 由光伏电池方阵、柴油发

电机、风机(视当地资源而定)、蓄电池和电源控制器组成。当连续阴天、太阳能不足时,采用柴油发电机应急供电。电源控制器是用来对电源子系统进行自动管理,其主要功能有:蓄电池过放或过充保护,以及柴油发电机的启动和关闭等。光源系统负责隧道灯源的照明,通过控制灯具的数量来调节隧道内的照度。照明灯具一般选取寿命长、发光效率高的节能灯,以提高效率和系统的稳定性。其中,监测与控制系统是确保全系统正常运作的关键部分,本文将重点介绍监测与控制部分。

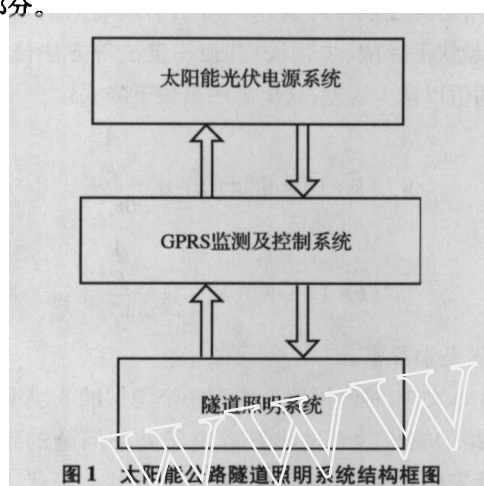


图1 太阳能公路隧道照明系统结构框图

监测与控制系统是整个系统的核心部分,它能根据车流状况和洞口照度适时调整隧道内照明状况,以满足交通部关于隧道照明的要求,同时可以将隧道内各种状态通过 GPRS 传送到中央控制计算机上,方便统一管理。它由主控制器、远程监控数据中心服务器、GPRS 模块以及各种传感器等组成(如图2所示)。主控制器采集各种传感器信息,经过计算,通过照明控制执行组合对隧道各个区段的亮度和照明灯具亮灭时间进行控制;同时通过 GPRS 模块将有效信息传送到远程监控数据中心服务器处,管理人员可以监测到各种数据,并能根据这些数据进行人为的控制。它利用时下覆盖面最广的 GPRS 公共信息网进行数据传输,可以提供高速的、高于固定因特网速率的无线数据接入方式。由于 GPRS 具有保持永远在线的功能,使系统能够实现实时动态监测^[9],因此 GPRS 技术十分适用于电力供应困难、管理不便的公路隧道群照明集中监测控制和统一管理中。

2 监测与控制系统设计

2.1 监测与控制系统工作原理

监测与控制系统主要完成对隧道照明的优化控制,系统通过检测车流状态和隧道外亮度变化,基于特

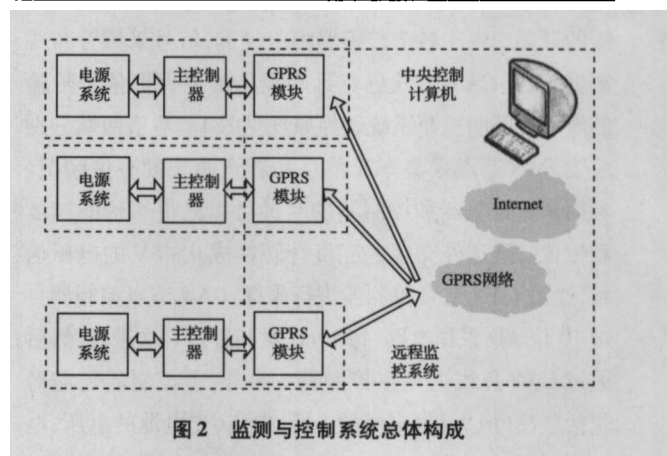


图2 监测与控制系统总体构成

定的算法实现照明控制,以保证隧道交通的安全性、舒适性和节能效果;同时,通过 GPRS 将采集各种现场数据或者管理人员发出控制信号进行传输。中长型隧道的照明一般分为以下几段:入口段、适应段、过渡段、基本段和出口段。根据我国公路隧道设计规范^[10](图3所示为白天照明渐变梯度图),隧道各段照明效果如下:当车辆驶入隧道时,安装在隧道两端的车流传感器将及时检测到车辆信息,包括车辆所在的位置、进入的时间和车辆的速度,同时安装在隧道两端的亮度传感器采集洞外亮度信息,通过 CAN 总线传送到智能控制器。照明控制器根据车流信息和隧道端口的亮度信息,通过神经网络来控制隧道内各区段的照度。然后,照明控制器通过继电器控制各区段 LED 灯亮灭数量来控制区段的亮度;同时,照明控制器通过 GPRS 无线通信方式把隧道以及所设置的各种信息发送到中心监控室内,供操作人员进行监视和统一管理。本系统不仅满足我国隧道设计规范要求,而且实现“车在灯亮,车走灯灭”,从而极大地节约了电源,实现绿色照明。

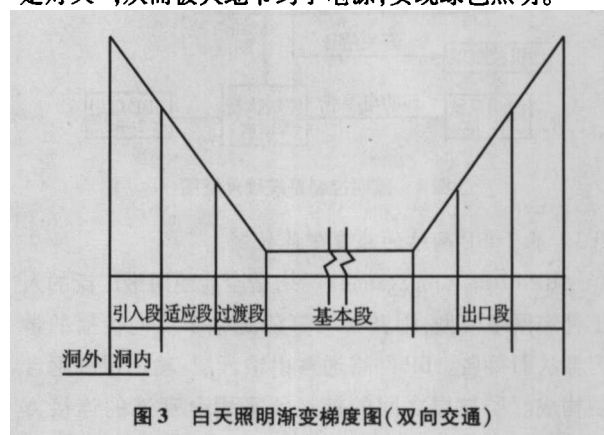


图3 白天照明渐变梯度图(双向交通)

2.2 照明控制系统硬件实现

整个系统采用集中控制和分布式测量方案,所有控制信号由主控制器给出,送到控制执行组合控制 LED 灯

组的开关。由于各个传感器相距较远,信号采用分布式测量,通过 CAN 总线进行远距离传输以保证信号传输的质量。照明控制系统硬件原理见图4。隧道两端分别放置 CAN 节点采集车流信息和隧道两端的亮度情况。利用车流传感器和控制器的时钟可以测得车辆的速度和位置。隧道外亮度经亮度计转换成 0~5V 的电压信号,送给 CAN 节点控制器进行采样,CAN 节点控制器自带 10 位 AD 采样电路,每 10ms 对其进行一次采样,然后通过 CAN 总线送至主控制器。另外,主控制器还需对包括柴油(风力)发电机的电压、电流,光电池的电压、电流,蓄电池的电压、放电电流以及各段 LED 灯的电流进行采样。对这些信号进行采样后,将通过 GPRS 模块远传到监控中心的计算机上,主控制器与 GPRS 模块通过串口进行通信。主控制器 I/O 输出口控制继电器,从而控制各路段的 LED 灯,实现照明控制。

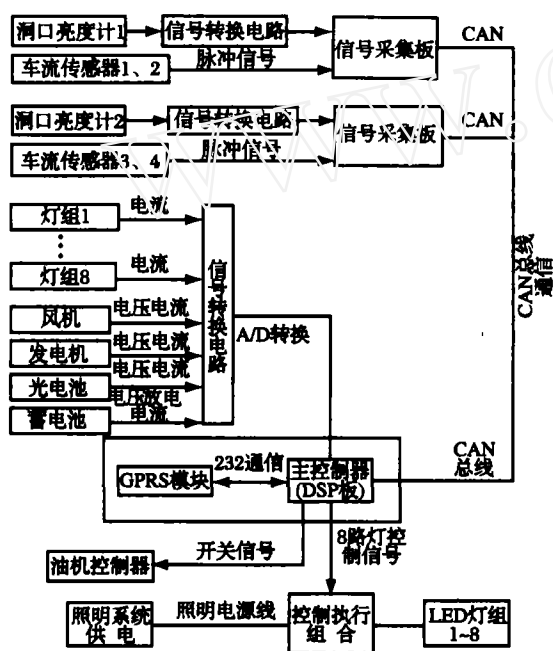


图4 照明控制系统硬件框图

2.3 基于 BP 网络的照度智能控制

BP (back propagation) 网络是当前使用最广泛的人工神经网络模型,因其学习算法是基于反向传播的学习算法而得名。BP 网络通常由输入层、输出层和隐含层构成。层与层之间的神经元采用全互连的连接方式,通过相应的网络权系数 W 相互联系。每层内的神经元之间没有连接,多层 BP 网络不仅具有输入节点、输出节点,且具有一层或多层隐节点^[10]。

BP 网络采用监督学习(有教师学习)算法,这种算

法要求外界存在一个教师,给网络提供一组反映其特性的输入/输出数据,对 $\{x_1, t_1\}, \{x_2, t_2\}, \{x_q, t_q\}$ 作为训练的样本集,这里 x_q 是网络的输入, t_q 是期望的目标输出响应。网络的训练过程就是把每个输入都提供给网络,网络的实际输出与目标输出相比较,两者的误差作为网络的性能指标,以均方误差作为 BP 算法的性能指标

$$F(x) = E[e^T e] = E[(t - a)^T (t - a)]。$$

然后,网络根据学习算法调整权和阈,使输出接近目标,最终达到性能指标要求。可用不同的数值计算方法,如最快下降法、牛顿法、共扼梯度法等方法修改权值和阈值以减少误差,这里采用最快下降法

$$W_{ij}^m(k+1) = W_{ij}^m(k) - \alpha \frac{\partial F}{\partial W_{ij}^m}$$

$$t_i^m(k+1) = t_i^m(k) - \alpha \frac{\partial F}{\partial t_i^m}$$

其中, α 是学习率。

在本文中,神经网络选取有一个隐层的 3 层 BP 网络,网络的输入数和输出数取决于外部问题的定义。为了使光照度满足条件的同时使节能达到最优,即使光照度和功率的综合指标达到最优,要求输入的信息有:

- 1) e —— 传感器测出的实际照度值(lx);
- 2) u —— 传感器测出的电压(V);
- 3) f —— 传感器测出的电流(A);
- 4) v —— 车辆的速度(m/s);
- 5) ϕ —— 选用淘汰的光通量(lx);
- 6) L —— 隧道长(m);
- 7) W —— 隧道宽(m);
- 8) H —— 隧道的高(m)。

此隧道为双向车道,隧道的照度是对称分布的,因此选择其中的一半(比如前 4 段的灯组)作为输出,根据隧道端口的光照度值来控制隧道内的照度,并且使之保持在预定的值,因此输出层有 4 个神经元。隐层的神经元个数采用逐步增长法确定,即先从一个简单的网络开始,若不符合要求则逐步增加隐层的神经元个数直到合适为止。隐层的传递函数采用 Log - sigmoid 函数,输出层的传递函数采用线性传递函数,所选择的网络结构如图 5 所示, S 为隐层的神经元数。

3 仿真与实验

为了验证基于照度智能控制的精确性,依据上述

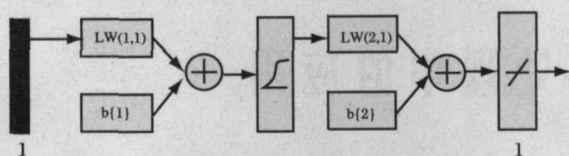


图5 用于照度控制的 BP 网络结构

BP 网络模型,利用 Matlab 进行了仿真,并与传统控制的照度和能耗进行比较。按车流特点选择一种或几种概率分布函数,在通用计算机上进行车流仿真软件设计,然后与照明控制器连通。隧道内,每区段用 LED 灯来模拟,通过继电器来控制,进行照明控制。这里选择一种函数如图 6 所示,每天的车流总量为 3 000 单位(可调),每辆车的车速是一个 20km/h ~ 100km/h 的随机数。这里,选用一种目前广泛应用的作为绿色照明的高效节能灯(功率为 50W,光通量为 2000lx)进行人工神经网络的仿真处理。假设光源相同,以一个面积为 10.6m × 7.0m,高为 5.0m 的隧道光照度为例,训练样本为 16,检验样本为 6,隐层神经元个数为 36(根据经验值,可调),在 Matlab 上进行仿真获得较好的网络特性。照度比较如图 7 所示。

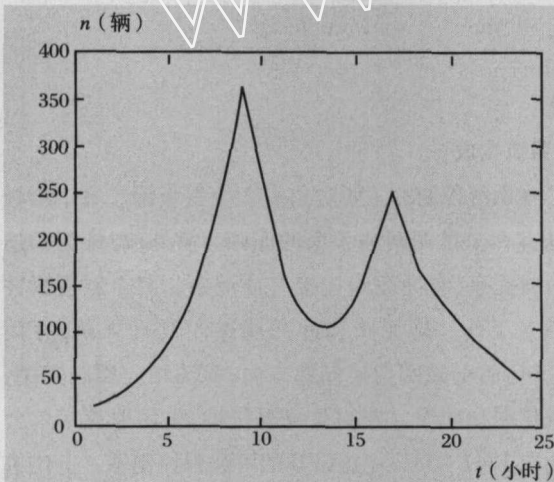


图6 车流函数

通过实验,主控制器可以按照要求控制灯的开关,满足照明要求;同时达到节能目的,在以本函数为车流函数的情况下,比原来全程灯全亮时节能 73%。另外,通过实验发现,当车流在两个高峰期通过的数量越多时,节能越多;在其他时段时,车流越相对集中,节能越多。

4 结束语

本文研究的公路隧道太阳能照明监控系统实现对



图7 两种控制方法的照度比较

隧道照明的太阳能供电,有效地解决了边远地区隧道照明能源问题。主控制器通过检测车流和亮度实现隧道自动照明控制,可以满足隧道照明要求,以保证公路隧道交通安全,同时又达到节能目的。通过 GPRS 公用通信网和互联网实施对地域分散的公路隧道群的集中监控和统一管理的问题,使整个系统具有遥测、遥信、遥控的 3 遥功能和无人值守的特点。

参考文献

- [1] Duarte J L, Wijntjens J A A, Rozenboom J. Designing light sources for solar - powered systems [A]. Proc 5th Euro Conf Power Electronics and App 1 [C]. Brighton, U K: IEEE Press, 1993, 8: 78 - 82.
- [2] Garg H P. Treatise on Solar Energy (Volume 1 Fundamentals of Solar Energy) [M]. John Wiley & Sons. 1982.
- [3] Alawaji, S H (KACST), Eugenio, N N. Tunnel lighting. A remote area application for photovoltaic power system. Journal of Chemical Physics, Apr 1, 1994, 100(7): 83.
- [4] Kpeith F, Kreider J F. Principles of Solar Engineering [M]. McGraw 2Hill Book Company, 1978.
- [5] 吴理博,赵争鸣,刘建政. 用于太阳能照明系统的智能控制器[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2003, 43(9): 1195 - 1198.
- [6] 热孜望·坎吉,陈昆仑,刘云峰,等. 太阳能光伏水泵和照明综合应用系统[J]. 能源工程, 2000(6): 16 - 18.
- [7] Schreuder, D A. (1964) The Lighting of Vehicular Traffic Tunnels. Doctorate Thesis, Technical University, Eindhoven Philips Technical Library.
- [8] Onaygil, S., (1990) Determining the Luminance of the Threshold Zone in Tunnel Lighting, Doctorate Thesis, Istanbul Technical University.
- [9] 钟章队. GPRS 通用分组无线技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000.
- [10] 张立明. 人工神经网络的模型及其应用 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 1993.