

基于红外探测器的输电线路山火监测方案

张臻¹, 张琛²

(1.江苏省电力公司检修分公司,江苏南京,211102;2.武警上海消防总队,上海,200051)

摘要:越来越多的特高压输电线路经过山林地区,为减少山火对特高压输电安全稳定运行的影响,提出了一种基于红外探测器的特高压输电线路山火监测方案。利用红外探测器检测出山火信号,基于数字信号处理器(DSP)的下位机山火监测系统实现一定区域内的山火信号采集,后台预警程序实现山火位置的显示。对模拟山火进行了测试,装置能对小范围内山火进行监测,并能够判断模拟山火的位置,是一种可行的特高压输电线路山火监测方案。

关键词:红外探测器;特高压输电线路;山火监测;远程测控终端

中图分类号:TM755

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2016)03-0057-03

我国的能源资源和负荷分布决定了发电中心远离负荷中心,需要采用特高压远距离输电。与超高压输电线路相比,特高压输电线路走廊更宽。由于输电线路走廊受限,越来越多的输电线路经过山林区域。发生山林火灾,山火蔓延至输电线路下方时,造成空气热游离、局部空气密度下降、空气电导率增大、电场畸变,从而可能导致线路相地或相间击穿而引发跳闸事故。红外测温诊断技术可以及时发现电力设备缺陷,避免故障扩大事故^[1],文中提出了一种基于红外探测器的特高压输电线路山火监测方案,通过对扫描区域内红外光谱的分析,实现了对小范围内输电线路山火的监测和预警。该方案与卫星遥感探火技术相比,不受云层、大气影响,测量精度更高,装置成本更低。

1 系统原理

地面物体由于具有不同的温度,而向外辐射不同波长的电磁波。物体温度 T 和辐射波长的关系遵循维恩位移定律^[2,3]:

$$T \times \lambda = 2897.8 \text{ (K} \cdot \mu\text{m)} \quad (1)$$

T 为热力学温度, λ 为辐射波长。由式(1)可见,物体温度越高,辐射波长越小,文中设计的山火监测系统采用碲镉汞红外探测器^[4]检测波长 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 的中红外光实现山火预警。碲镉汞红外探测器对 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 波长的光线响应最强^[5],可见光中的近红外光也会产生响应,但可以通过滤镜滤除。

该山火监测系统由风光互补电源对 12 V 蓄电池充电,蓄电池为整个装置提供电源。装置扫描半径 5 km 的区域,通过红外探测器,将光物理量转换成电压量,通过信号调理电路调理后,由控制芯片模数转换模块(Analog-to-Digital Converter, ADC)对电压模拟量进行采集,将采集到的数据通过串口传给无线远程测控终端(Remote Terminal Unit, RTU),RTU 通过无线

通信将数据传给上位机,在后台客户端生成一幅黑白的电子信息地图。山火探测系统每 5 min 对监测范围内进行一次扫描,如果探测到山火,控制芯片将起火点的位置数据传输给后台客户端,并在客户端的电子地图上显示起火点的位置,并发出报警信息通知值班人员^[6]。

2 下位机控制部分设计

2.1 系统结构

下位机控制系统选用低成本浮点 TMS320F28062 芯片,时钟频率为 90 MHz,具有很高的性价比和出色的数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)控制功能。芯片采用单电源供电,使得印刷电路板(Printed Circuit Board, PCB)的设计更加简单方便。

红外探测器将光物理量转换为电压量,通过信号调理电路后由 DSP 芯片的 ADC 模块进行采样,完成数据采集的过程^[7]。控制系统在扫描状态时将监测范围内的物体温度数据转换为 8 位的灰度值后,将灰度值数据传输到后台程序绘制电子地图。当监测到火灾点时,控制系统开始进入预警状态,将出现山火的坐标发送给后台程序。

DSP IO 引脚通过电平转换芯片将电压转换为 5 V 后,通过双 H 桥电机驱动芯片 L298N 驱动直流电机^[8]。DSP 控制滤镜电机在预警状态下滤除可见光中近红外光的干扰,控制步进电机和转镜电机采集 X 轴和 Y 轴上的物体温度数据。雨刷电机用于定期为镜面清灰。光电开关通过高低电平的变化将电机的位置信息反馈给 DSP 芯片。DSP 控制芯片通过 485 通信将灰度值数据、火灾点坐标传输给 RTU,同时接收 RTU 发送的控制命令。RTU 通过无线和上位机连接,从而和后台程序进行通信。

2.2 滤镜电机的控制

如图 1 所示,滤镜电机的转子带动固定在转子上

的支杆转动,默认位置为扫描状态,滤镜转至光电开关 3 的位置。当监测到火灾点时,进入预警状态,将滤镜沿路径 1 转至中间位置,通过滤镜滤除可见光线中近红外光的干扰,使得预警时只识别火焰中波长为 $3\sim 5\mu\text{m}$ 的光信号。此时光电开关 4 被挡住,由 DSP 的 IO 引脚检测到电平变化后,控制滤镜电机停止转动。当预警状态结束后,滤镜电机反方向沿路径 2 回到扫描状态的位置。

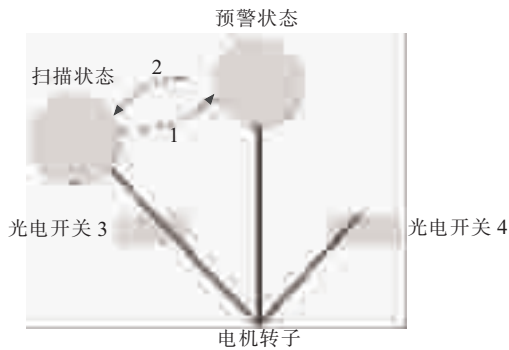


图 1 滤镜电机带动滤镜转动示意图

2.3 步进电机的控制

DSP 通过控制步进电机转动采集 X 坐标轴方向的物体温度数据,步进电机选用两相四线减速步进电机,工作在八拍工作方式^[9],驱动波形如图 2 所示。

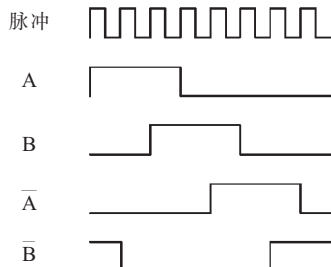


图 2 步进电机八拍工作方式驱动波形

步进电机步距角 θ 为 1.8° ,内置减速机构减速比 M 为 $19.2:1$,外接减速齿轮减速比 N 为 $100:27=3.7037$ 。步进电机转动一个步距角 θ ,对应主轴转动角度 $\theta_{\text{主轴}}$ 为:

$$\theta_{\text{主轴}} = \frac{\theta}{MN} \quad (2)$$

经计算,主轴转动角度为 0.025° 。所以,主轴旋转 180° ,对应步进电机旋转步数为 $180/0.025 = 7200$ 步。步进电机每旋转 2 步,进行一次光信号的采集。扫描状态下,在 X 坐标轴方向上,采集 $7200/2 = 3600$ 个点的灰度值。

2.4 转镜电机的控制

转镜连接的无刷直流电机以恒定的转速旋转,如图 3 所示,转镜旋转一周中,采集光信号的有效区域对应角度为 90° ,无效区域对应角度为 270° 。转镜的位置信号通过光栅采集到 DSP 中,光电开关 1 用于判断

转镜电机的零位点,光电开关 2 和码盘、光栅用于判断转镜电机的位置。所选光栅为 100 线,光栅每转过 1 线,即转镜转过 3.6° ,光电开关产生一个脉冲输出。当转镜转到 θ 时,进入有效区域,在 $\theta:\theta+45^\circ$ 和 $\theta+135^\circ:\theta+180^\circ$ 角度范围内,进行 Y 坐标轴方向的温度数据采集。

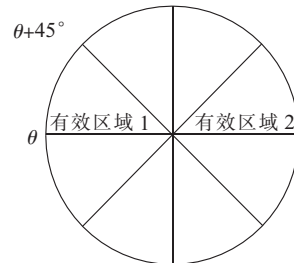


图 3 转镜电机测量有效区域

在转镜电机无效角度范围内,步进电机需要完成步进 2 步,所以步进电机驱动脉冲时间和转镜电机转动周期 T_2 之间需要满足关系:

$$2T_1 < \frac{1}{2}T_2 \quad (3)$$

在有效区域内,设计 DSP 对光信号进行采样 3200 个像素点,完成 Y 坐标轴方向上灰度值的采集。

3 后台处理程序设计

如图 4 所示,控制板和 RTU 采用 485 通信,RTU 和上位机采用通用分组无线服务技术 (General Packet Radio Service, GPRS) 无线通信。GPRS 通信速度快、通信费用低、组网灵活^[10],通过 GPRS 无线网络使得监测中心可以对监测范围内山火情况进行集中监控,实现了无人值守。

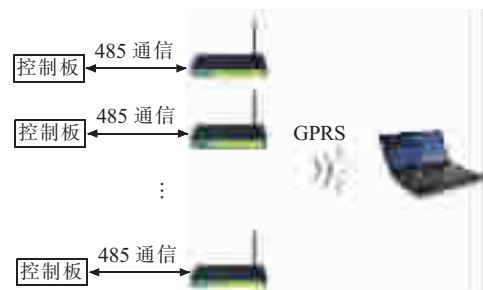


图 4 下位机控制部分、RTU 和后台程序的通信方式

由于单个山火监测装置监测范围较小,实际使用可以采用分布式结构,根据每个山火监测装置的探测范围,将多个山火探测装置探测到的数据通过上位机集中显示。基于 Visual C# 的后台程序通过调用 RTU 设备的 GPRS 动态链接库函数实现对设备的识别、侦听以及指令发送,通过多线程实现对多个设备的访问,将接收到的灰度值数据绘制成灰度图,绘制出扫描范围内的电子信息地图。发生火灾时,由 DSP 将山火位置的 X 轴和 Y 轴位置信息发送给后台程序,后台程序

在灰度图对应位置显示火灾点,并发出报警信息通知值班人员。

4 实验结果

山火监测系统样机如图 5 所示,电源板为控制板、电机、光电开关提供隔离电源,控制板实现了电机的控制、光电信号、模拟信号的采集以及数据的传输。步进电机带动转台沿 X 轴方向旋转,转镜电机带动转镜采集 Y 轴方向的光信号。

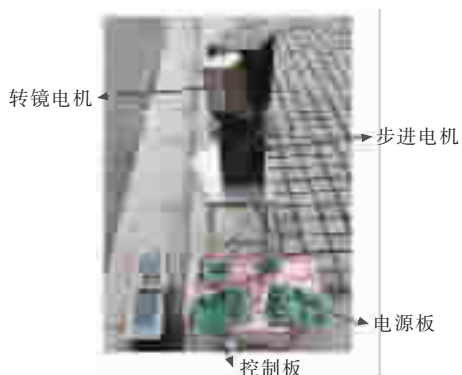


图 5 山火监测系统样机

图 6 为碲镉汞红外探测器对火焰和可见光的响应,通过滤镜可以滤除对可见光的响应。转镜电机转速为 12.5 r/s,对应红外探测器的响应波形周期为 80 ms。图中碲镉汞红外探测器对可见光响应的宽度为 10 ms,即转镜电机扫描一侧的有效区域对应角度为 45° 。

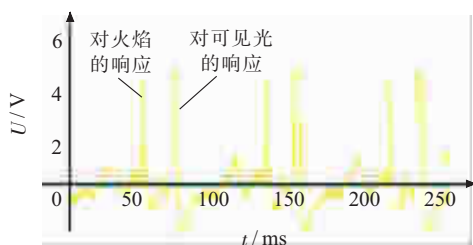


图 6 碲镉汞红外探测器响应波形

在 1 km 外采用实验火焰对山火监测装置进行了测试,上位机保存的灰度如图 7、图 8 所示。图 7 对应图 3 中有效区域 1,图 8 对应图 3 中有效区域 2。上位机程序根据 DSP 采样到光模拟量信号对应的灰度信号,能够准确判断出火灾点。如图 8 所示,DSP 根据步进电机和转镜电机的转角值对应火灾点在平面区域内的坐标,在后台程序中显示模拟火灾点的位置。



图 7 山火监测装置监测有效区域 1 灰度



图 8 山火监测装置监测有效区域 2 灰度

5 结束语

在提出基于红外探测器的特高压输电线路山火监测方案的基础上,对山火监测系统的各部分硬件进行了设计。通过模拟山火的试验验证了山火监测方案的正确性和可行性。该装置精度较高、成本较低,能够判断出山火位置,可以在有微小火灾的时候及时发现、处理,防止山火扩大,有助于减少因山火造成的跳闸事故,提高电网运行的稳定性,具有很大的发展空间和应用前景。

参考文献:

- [1] 张 扬.一例红外测温技术诊断 220 kV 隔离开关过热缺陷[J].江苏电机工程,2012,31(5):21-22,24.
- [2] 叶立平,陈锡阳,何子兰,等.山火预警技术在输电线路的应用现状[J].电力系统保护与控制,2014,42(6):145-153.
- [3] 李广凯,王庆红,高松川.山火条件下架空输电线路网络及监测技术的研究现状分析[J].电测与仪表,2014,51(20):122-128.
- [4] 王成刚,孙 浩,李敬国,等.双色碲镉汞红外焦平面探测器发展现状[J].激光与红外,2009,39(4):367-371.
- [5] 王 俊.碲镉汞红外探测器光电响应特性的机理研究[D].合肥:中国科学技术大学,2012.
- [6] 田 涛,陈昊,徐晶冉,等.变电站智能现场报警装置的研究设计[J].电工电气,2015(5):29-32.
- [7] 田 涛,陈 昊,张建忠,等.基于智能理论的高压断路器机械故障诊断[J].江苏电机工程,2014,33(6):12-15.
- [8] 程章格,谷若雨,王海波,等.TMS320F28027 与 L298N 的悬挂运动控制系统设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2014(5):49-51,55.
- [9] 陈志聪.步进电机驱动控制技术及其应用设计研究[D].厦门:厦门大学,2008.
- [10] 成春旺.监控系统中基于 GPRS 的无线数据传输系统的研究与实现[D].北京:北京邮电大学,2006.

作者简介:

张 臻(1989),男,江苏南京人,硕士,从事特高压电网运维工作;
张 琛(1989),男,江苏南京人,硕士在读,主要研究方向为嵌入式、云计算和人工智能。

(下转第 63 页)

互感器暂态特性技术要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
 [8] 全国变压器标准化技术委员会. GB/T 50832—2013 1000 kV 系统电气装置安装工程电气设备交接试验标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2013.

作者简介:

孔祥平(1988), 男, 江西上饶人, 工程师, 从事电力系统继电保护研究工作;

高磊(1982), 男, 山东青岛人, 高级工程师, 从事智能变电站调试、运维技术的研究工作;

黄浩声(1979), 男, 浙江温岭人, 高级工程师, 从事直流输电控制与保护研究工作;

李鹏(1982), 男, 陕西周至人, 高级工程师, 从事直流输电控制与保护研究工作;

王业(1984), 男, 江苏南京人, 工程师, 从事直流输电控制与保护研究工作。

Excitation Features Testing and Field Data Analysis for the Current Transformer Used in 1000 kV Protection

KONG Xiangping, GAO Lei, HUANG Haosheng, LI Peng, WANG Ye

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: The performance of the current transformer used in protection is of great significance to the action of relay protection and the operation safety of power systems. In order to evaluate the performance of the current transformer used in protection, it is necessary to implement excitation features test. The commonly used excitation features testing methods (such as power frequency method, variable frequency method and direct current method), as well as their advantages and disadvantages are introduced. It is pointed that the variable frequency method should be adopted for the excitation features testing of 1000 kV current transformer. Moreover, the excitation features testing schemes for the 1000 kV current transformer used in Gas Insulated Switchgear (GIS) are introduced. Finally, according to the field testing data of the 1000 kV current transformer, the performances of the tested current transformers are analyzed.

Key words: current transformer used in protection; performance evaluation; excitation features testing; data analysis

(上接第 59 页)

Method to Forest Fire Monitoring Based on Infrared Detector

ZHANG Zhen¹, ZHANG Chen²

(1. Jiangsu Electric Power Company Maintenance Branch, Nanjing 211102, China;

2. Shanghai Armed Police Corps, Shanghai 200051, China)

Abstract: More and more UHV transmission line pass through forests. A method of forest fire monitoring based on infrared detector is proposed to reduce the influence of forest fire to the stabilization of UHV transmission. The signal of forest fire is detected by infrared detector and sampled by DSP based equipment. The location of forest fire is displayed by a background program. A virtual forest fire is detected. It is proved that the equipment can monitor forest fire in a certain area and the method is practicable.

Key words: infrared detector; UHV transmission line; forest fire monitoring; remote terminal unit

下 期 要 目

- 1000 kV 特高压变压器快速试验系统设计
- 基于 PSS/E 的统一潮流控制器动态建模及仿真
- 特高压电抗器局部放电试验方案探索
- 热电联产机组实时监测数据有效性诊断
- 基于配送路径优化的换电网络一体化调度研究
- 电流互感器饱和导致保护拒动事故的分析
- 燃煤发电机组脱硝系统稳定运行影响因素分析
- 超临界锅炉末级过热器管屏三维数值分析
- 烟气预洗涤出力技术存在问题及对策分析
- 基于 PSCAD/EMTDC 的 1000 kV 特高压变压器仿真