

电能表自动化检定压接端子温升监测系统

刘建¹, 黄奇峰¹, 王忠东¹, 蔡奇新¹, 曹海东², 曾捷²

(1. 江苏省电力公司电力科学研究院, 南京 211100;

2. 南京航空航天大学机械结构力学及控制国家重点实验室, 南京 210016)

摘要: 提出了一种基于双套管结构光纤光栅封装探头形式, 研究了基于该封装探头形式下光纤光栅测量温度的同时屏蔽外力影响; 在电能表压接触头上布置双套管结构光纤光栅测温探头, 通过光缆及光学分路器将传感器连接, 并通过主光缆接到控制室的光纤光栅解调仪上, 再通过监控软件对信息进行处理, 从而构建了电能表压接温度监测系统; 研究表明该系统不仅满足强电磁场环境下对温度监测实时性和精确性的要求, 还可以屏蔽外部应力对温度监测的影响; 温度监控软件对实时的温度信息处理, 可以实现温度的图形显示、列表显示, 超温时的报警显示等功能。

关键词: 双套管结构光纤光栅封装探头形式; 光纤光栅; 温度监测; 电能表检定; 报警显示

Reliability of Automated Crimping Meter Temperature Monitoring System

Liu Jian¹, Huang Qifeng¹, Wang Zhongdong¹, Cai Qixin¹, Cao Haidong², Zeng Jie²

(1. Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211100, China; 2. State Key Laboratory of Mechanics and Control of Mechanical Structures, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: A double pipe structure based on fiber Bragg grating sensor encapsulated form of the probe was proposed, Which was based on the form of packaged FBG temperature measurement at the same time shielding external influence. In contact with the head pressure meter double pipe structure layout FBG temperature probe, cable and optical splitter through the sensor is connected via fiber optic cable to the main control room of the fiber grating demodulation instrument, and through monitoring software information processing, in order to build a power meter crimping temperature monitoring system. Studies show that the system not only meets the strong electromagnetic environment temperature monitoring real-time and accuracy requirements, you can also shielded from external stress on the impact of temperature monitoring. Temperature monitoring software for real-time information processing temperature, the temperature can be achieved graphical display, the list display, over-temperature alarm display.

Key words: double pipe structure forms FBG sensor package; FBG; temperature monitoring; meter verification; alarm display

0 引言

在电能表自动化检定中, 接线端子自动压接可靠性已经成为制约电能表自动化检定的关键技术难题。当压接端子接触不良时会导致接触电阻过大, 尤其在在大电流测试时导致端子温升过高, 会造成检测装置或者电能表损坏, 因此压接端子温升监测成为一个日益重要的研究课题。

传统电能表温度传感器主要分为接触式和非接触式两种。接触式传感器主要包括热电阻、热电偶等。有的方法还采用铂电阻进行接线端子温度检测, 然后将采集到的温度数据送往上位机进行处理, 能够得到较好的温度检测效果^[1-4]。但是电能表检定还要进行耐压测试, 当上千伏高压加在端子上时, 会立即引起热电阻和热电偶失效; 当采用绝缘隔离时, 又会阻碍温度传导, 导致不能获取准确的端子温升。

相比于传统传感器测温方法, 利用光纤光栅体积小、抗电磁干扰能力强等优点进行温度监测成为目前的研究热点。重庆大学光电子工程学院进行过光纤分布式测温技术的研究, 取得了重要成果。天津大学从传感器的结构特点和材料的物性系数

出发, 在理论上证明了光纤温度与 Brillouin 频移量之间存在线性关系。中国计量学院光电子技术研究所研制了一种由分布式光纤温度传感器组成的新型在线自动温度检测系统。光纤光栅应用于电能表压接温度监测成为光纤光栅在电力系统测温应用的又一个热点课题^[5-12]。

1 双套管结构光纤光栅测温原理

1.1 光纤光栅测温原理

根据光纤耦合模理论, 光纤 Bragg 光栅的折射率呈现固定的周期性调制分布, 其基本特性表现为一个反射式的光学滤波器, 反射峰值波长称为 Bragg 波长即当宽带光在 FBG 中传输时, 产生模式耦合, 对满足 Bragg 相位匹配条件的光产生很强的反射, 对不满足相位匹配条件的光, 只有很微弱的部分被反射回来^[13-15]。

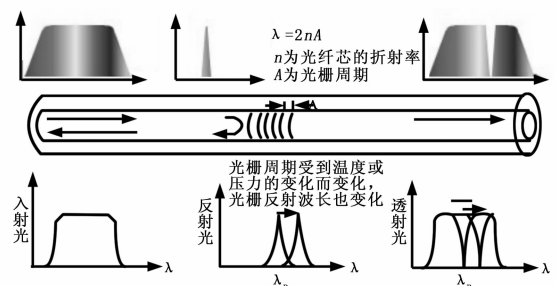


图1 光纤光栅工作原理

收稿日期: 2013-12-26; 修回日期: 2014-02-24。

基金项目: 国家自然科学基金项目(60907038, 51275239); 江苏省科技支撑计划项目(BE2011181)。

作者简介: 刘建(1981-), 男, 博士, 河南信阳人, 主要从事电力计量测试技术方向的研究。

光纤光栅采用均匀周期的光纤布拉格光栅，这种光纤光栅的作用实质上是在纤芯中形成一个窄带反射镜。当宽带光传输到光栅处时，光栅将有选择地反射一窄带光，所反射窄带光的中心波长 λ_B ，即布拉格波长由光栅常数决定，所谓光栅常数即光栅地条纹周期 Λ 和光栅的有效折射率 n_{eff} ，它们满足模式耦合理论的一级近似相位匹配条件：

$$\lambda_B = 2 \cdot n_{eff} \cdot \Lambda \quad (1)$$

当光纤光栅的温度发生变化时，由于光纤材料的热胀冷缩以及热光效应，光纤光栅选择性反射的布拉格波长会发生变化，变化的大小为：

$$\frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} = a \cdot \Delta T + \beta \cdot \Delta T \quad (2)$$

式中， a 为热膨胀效应；即因热膨胀引起的条纹周期变化， $a = \frac{1}{\Lambda} \cdot \frac{\partial \Lambda}{\partial T}$ 为光纤的热膨胀系数； β 为热光效应，即因温度变化引起的折射率变化， $\beta = \frac{1}{n_{eff}} \cdot \frac{\partial n_{eff}}{\partial T}$ 为光纤的热光系数。

光纤光栅的中心波长的偏移量与温度变化呈线性关系，因此只要测出布拉格光栅波长的偏移量就可以测得温度的改变量。

1.2 双套管结构光纤光栅探头形式

光纤光栅温度传感器的关键部件是光纤光栅温度传感器探头。为了解决在强电磁场环境下，使温度传感器既能精确测量温度，又能屏蔽外部应力或震动对温度测量影响，研究了一种感温不受力的光纤光栅测温探头形式。其结构如图 2 所示。

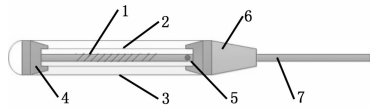


图 2 双套管光纤光栅测温探头

由图 2 可知，光纤光栅测温探头主要包括：光纤光栅 1、光纤光栅封装套管 2、导热保护套管 3、夹持端 4、尾部光纤保护套 6。最外部的导热保护套管采用陶瓷材料，其绝缘性好、抗电磁干扰能力强。既能良好导热，又能屏蔽外部应力或震动对内部光纤光栅测量温度的影响。内部的光纤光栅封装套管采用铜材料制成，导热性能优良，是其内部的光纤光栅可以良好的感知外部的温度变化。该光纤光栅温度传感探头体积小，响应速度快，封装结构简单，不仅能够有效消除外部应力对传感器测温的影响，而且可以屏蔽电磁干扰影响。

2 光纤光栅电能表压接测温监控系统

光纤光栅温度在线监测系统采用光纤感应和传输温度信号，不需供电，不受电磁干扰；光纤具有优异的绝缘性能，直接安装到电流表易发热触点上，准确地在线测量触点的运行温度，实现故障的早期预测和报警。当发生故障时，提供报警并迅速确定故障点位置，并按相应预案采取安全处理措施。从而解决强电流电流表内触点运行温度不易监测的难题，具有稳定可靠、实时在线、免维护自动运行等显著优势。

2.1 硬件系统

为了实现对电流表触头温度的实时监测报警、故障诊断等功能，搭建了如图 3 所示的光纤温度监测传感系统。该系统由硬件系统和光学系统组成。硬件系统主要包括光电探测器、信号调理电路、数据采集卡 (DAQ) 等。光学系统部分主要包括 BBS 宽带光源、FBG、耦合器、窄带光滤波器、光隔离器、光环行器等。

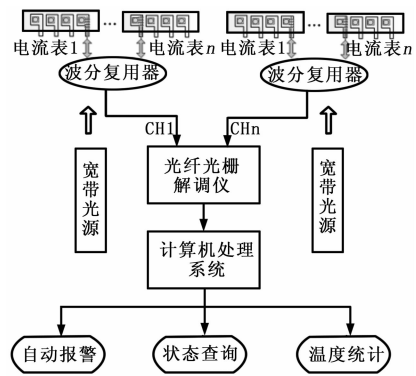


图 3 光纤光栅温度监测硬件系统图

光纤温度监测的硬件系统如图 3 所示，每个电流表上有 4 个接线柱，光纤温度传感探头套在电流表触头上用于感知触头的温度。总共 20 个监测点检测的光信号分四路通过光分路器进入光纤解调仪，最后通过数据采集系统和处理系统，送入监测的计算机中。

该光纤温度监测系统的光学系统如图 4 所示，宽带光源的光通过光滤波器、光耦合器进入光纤光栅传感器中，其中 90% 以上的光经 FBG 反射，通过光耦合器进入光电探测器中，将光信号转换为电信号。通过建立 FBG 中心波长变化量与被测参量的对应关系，以实现对待测参量变化情况的监测。

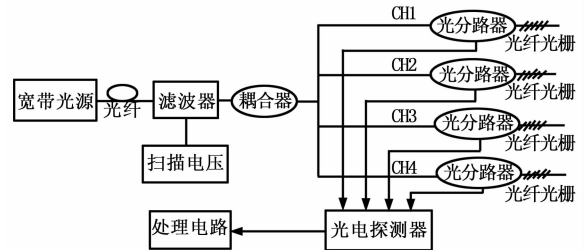


图 4 监测系统光路系统结构图

2.2 软件系统

在光纤光栅电力测温系统中，监控软件是重要的组成部分。承担着光纤传感系统的参数设置、数据处理、超限报警和远程数据传输等功能。光纤光栅电能表压接测温监控系统的监测软件采用 Labview 开发完成，软件的结构框图如图 5 所示。

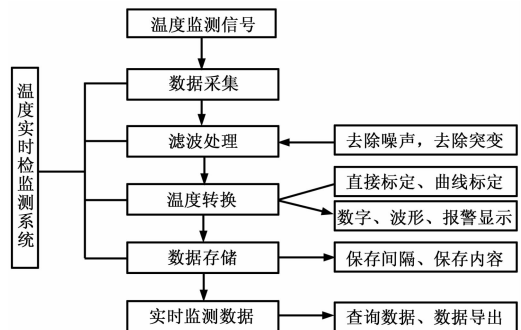


图 5 光纤光栅电能表压接测温系统的软件结构图

光纤光栅测温软件系统首先要完成网络数据采集的功能，光纤光栅解调仪通过以太网口将数据传输至监控计算机。监测软件将收到的波长值转换为温度值，并进行超限判别和显示温度随时

间的变化曲线,软件采集的数据以 EXCEL 表格的形式被保存在计算机的硬盘中,用户可以进行历史纪录的查询。监测软件需要有参数设置功能,可对传感器的标定参数进行设置。

上位机应用程序用 LabVIEW 软件编写,完成的软件的主界面左侧设有:基本参数设置、报警温度设置、实时温度显示、历史温度显示、测试过程控制等多个功能单元。

该软件实现的最主要功能是超温报警功能。当光纤光栅温度传感器所测的温度超过预警温度。软件对计算得到的温度进行实时判别,根据不同温度显示不同的颜色,进行颜色警示,工作人员可以根据监控软件界面上的警示颜色的不同进行事故前期的原因分析和故障排查,避免事故的发生。当温度数值显示为黄色时表示此时测量的温度已经超过预警温度。当温度数值显示为红色时,表示此时的温度已经超过报警温度。

在实时监测过程中,各个监测点温度和报警信息都保存到分析仪的大容量储存器中,系统按照时间将数据分为历史信息、实时信息,管理操作人员可以动态调整被监测点的实时状态监测时间间隔满足实际要求,在局域网查看各监测点的历史温度变化曲线,为决策和维护提供数据支持。

3 总结

本文构建了一种电能表压接触头测温系统。该系统温度传感器采用双套管结构光纤光栅测温传感探头,通过光学分路器及光缆将传感器采集的数据实时传输到光纤光栅解调仪上,再通过温度监控软件对采集的信息进行处理,最后通过人机界面实时显示。本系统具有以下优点:

(1) 采用双套管结构光纤光栅测温传感器,外部套管为陶瓷材料,其绝缘性好、抗电磁干扰能力强;内部套管采用铜材料,优良导热性能,保证测量温度的精确度。由于外部的陶瓷保护套管,可以有效的屏蔽外部受力对内部套管光纤光栅测温温度的影响。

(2) 整套系统的测量部分为无源器件,适合于强磁场、高电压、大电流等特殊环境下温度监测。同时,光纤光栅的耐腐蚀性,使其在强腐蚀环境下长期安全正常工作。

(3) 温度监控软件对实时的温度信息处理,可以实现温度基本参数设计、图形显示、列表显示,超温时的报警显示等功能。

(上接第 1454 页)

精度: $1\% \pm 1$ 。

(5) 点滴速度控制精度: $1\% \pm 1$ 。

(6) 建立病人点滴数据库便于发现存在问题并进一步分析研究。

4 结束语

本文介绍了一种具有遥控功能的液体点滴速度监控装置设计。使用了简单实用的编码解码芯片 PT2262/PT2272 芯片,装置运行稳定可靠。采用了状态估计的测量方法和偏心轮控制装置,大大提高了控制精度。具有遥控功能的液体点滴速度监控装置投入使用,必将赢得病患者和医务人员的青睐。

参考文献:

[1] 程自峰,彭端云,等. 基于 LonWorks 的输液远程监控系统的研制

参考文献:

- [1] 薛军,刘福元,黄国强,等. 基于半导体吸收的电力变压器绕组温度在线监测技术研究[J]. 陕西电力, 2007, (11): 19-22.
- [2] 李艳萍,包长春,闰栋梁,等. 热辐射型光纤高温传感器的研究[J]. 计算机测量与控制, 2007, 15 (3): 416-417.
- [3] 姜德生,何伟. 光纤光栅传感器的应用概况[J]. 光电子(激光), 2002, (4): 420-430.
- [4] 台畅,吴必瑞. 电力设备温度无线监测系统研究[J]. 电学学报, 2008, 23 (5): 415-417.
- [5] Huang H S, Li Y. Load Balancing Spatial Analysis in XML/GML/SVG based WebGIS[A]. Proceedings of 2009 International Conference on Environmental Science and Information Application Technology [C], Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2009: 538-541.
- [6] 常胜,黄启俊,周随霞,等. 一种基于电力线载波的红外温度监测系统的设计[J]. 国外电子测量技术, 2007, 26 (12): 19-22.
- [7] Huang H S, Li Y, Gartner G. SVG-Based Spatial Information Representation and Analysis [A]. Proceedings of the 8th International Symposium on web and wireless Geographical Information Systems [C], Springer, 2008, pp: 17-26.
- [8] 李伟良,张金成. 光纤测温系统在电力系统的应用[J]. 青海电力, 2004, (4): 29-32.
- [9] 高雪清. 光纤光栅感温火灾探测方法的研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006.
- [10] Dong X M, Li Y. Standardization of SVG in implementing WebGIS [A]. Proceedings of 2009 International Conference on Environmental Science and Information Application Technology [C], Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2009: 534-537.
- [11] 王闯. 电力电缆光纤光栅测温系统的研究与应用[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
- [12] 李军. 电力电缆光纤光栅测温在线监控系统[J]. 江苏电机工程, 2005, 24 (1): 6-7.
- [13] Junichi K. Time domain analysis of power feeding lines in optical submarine cables for fault point localization [A]. Oceans 2010 [C], 2010: 1-5.
- [14] 饶云江. 光纤光栅原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [15] 干耀生. 电气设备光纤光栅测温系统技术研究[J]. 华北电力技术, 2007, (4): 23-25.

[J]. 医疗卫生装备, 2004, (8): 20-21.

- [2] 黄振永,余墩. 医用点滴滴速监测和告警系统的设计[J]. 广东医学院学报, 2008, 26 (1): 54-57.
- [3] 肖玮,涂亚庆,等. 液体点滴的无线智能监测系统设计与实现[J]. 电子测量技术, 2008, (1): 133-136.
- [4] Eykhoff P. System Identification-Parameter and State Estimation [Z]. John Wiley Sons, Inc. 1974.
- [5] 张玉明,葛剑徽,孙文明. 电控轻便野战输液器[J]. 医疗卫生装备, 2003, (3): 18-19.
- [6] 郝迎吉,等. 基于单片机实现遥控编码器 PT2262 的软件解码[J]. 国外电子元器件, 2008, (5): 36-39.
- [7] 宋军罡,吴惠云. 基于 AT89C2051 的解码器设计[J]. 国外电子元器件, 2003, (2): 12-14.
- [8] 邹修国,陆明洲. 基于 UML 的单片机温度测控系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2007, (12): 1702-1704.