

高压开关柜触点超温监测方法

孙 剑^{1,2} 林伟国^{1*} 陈咏梅³

(1. 北京化工大学信息科学与技术学院, 北京 100029; 2. 黄山学院信息工程学院, 安徽 黄山 245021;
3. 北京化工大学理学院, 北京 100029)

摘 要: 提出了一种基于新型高分子示温片和固态电解质二氧化碳传感器实现间接监测高压开关柜触点超温的新方法。探讨了超温监测原理, 介绍了超温监测系统的设计方案。针对原始信号特点, 利用实时数字滤波方法, 分析比较了超温和正常情况下监测信号的特征差异, 提出了基于信号的顺序区间差分实现触点超温可靠识别的算法。实验结果论证了该方法的可行性。

关键词: 高分子示温片; 二氧化碳传感器; 高压开关柜; 超温监测; 顺序区间差分

中图分类号: TP277

引 言

高压开关柜触点的温度监测是电力工业安全生产的重大课题之一。目前, 触点温度监测的方法主要有示温片测温^[1]、远红外温度测量^[2]和光纤测温法^[3-5]。示温片测温法通过 CCD 摄像头监测示温蜡片颜色的变化, 确定触点温度是否变高。该方法不适合于封闭空间, 且成本较高。远红外法是一种非接触的测温方式, 它可以测量高温的、有腐蚀性的、高压带电的物体温度, 并以其速度快、范围宽, 且对被测温度场无干扰等优势, 在高压电力设备的温度在线监测领域中得到越来越广泛的应用。这种方法存在的缺陷为: 需要避免光路的交叉影响; 温度测量需要标定和现场校准。光纤测温法具有体积小、测量精度高、本质安全防爆、抗强电磁干扰等优点。存在的问题主要为: 半导体探头抗干扰性差与光纤安装维护不方便; 另外由于涉及宽带光源、光信号的调制、解调和光监测器等器件, 系统复杂、成本高, 技术难度大。

本文提出了利用新型高分子示温片结合固态电解质二氧化碳传感器实现间接的高压开关柜触点超温监测的新方法。该方法采取软硬件结合措施对传感器进行温度补偿, 对信号进行了数字滤波预处理,

并提出了顺序区间差分法来识别监测信号。

1 触点超温监测原理

1.1 高分子示温片

高分子示温片是一种新型示温贴片, 运用喷雾干燥技术, 将酸性与碱性物质分别用高分子材料包裹, 其示意图如图 1。对 10 kV 高压开关柜一相触点 24 h 的温度监测记录显示, 在正常供电负荷情况下, 触点温度在 55℃ 左右, 因此, 高分子示温片的临界温度设定在 65℃。当环境温度到达临界温度时, 高分子材料发生分解, 酸性物质与碱性物质接触并发生化学反应, 释放出 CO₂ 气体, 同时, 高分子材料颜色也会发生变化, 从而实现对高压开关柜内多个触点的监测与识别。

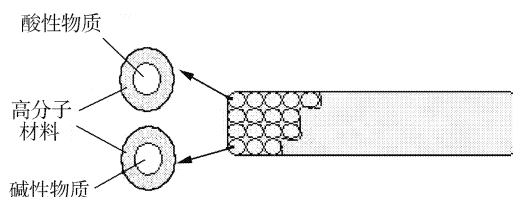


图 1 高分子示温片

Fig. 1 Polymer temperature-indicating label

1.2 MS4100 传感器工作原理

MS4100 二氧化碳传感器是一种内含热敏电阻的混合式 CO₂ 敏感元件。该元件在两个电极之间充有阳离子固体电解质。它的阴极由锂碳酸盐和镀金材料制成, 而阳极是镀金材料。传感器实物以及内部结构如图 2 所示。

当 MS4100 暴露在 CO₂ 气体环境时, 该传感器

收稿日期: 2008-01-07

第一作者: 男, 1975 年生, 硕士生

* 通讯联系人

E-mail: linwg@mail.buct.edu.cn

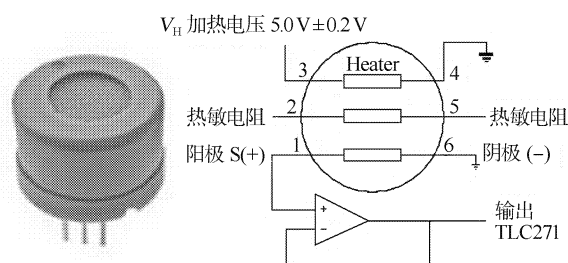
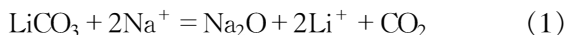


图 2 MS4100 二氧化碳传感器实物及内部结构示意图

Fig. 2 Interior structure of the MS4100 CO₂ sensor

加热单元加热到 450℃ 左右,就会产生电化学反应。



根据能斯特方程,该过程将产生如下电势(E):

$$E = E_0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{(p_{\text{O}_2})^{1/2} \cdot (p_{\text{CO}_2})_s}{(p_{\text{O}_2})_r^{1/2}} \quad (2)$$

式中: p_{O_2} 为 O_2 的分压, p_{CO_2} 为 CO_2 的分压, E_0 为常数, R 是气体常数, T 为温度值(K), F 是法拉第常数, n 为反应电子数(理论值 $n=2$), 角标 s 和 r 分别代表敏感电极和参考电极^[6]。从(2)式看出,当传感器所处环境的 CO_2 浓度增大时, $S(+)$ 、 $S(-)$ 两个电极之间所产生的电势值 E 会相应减小。

2 触点超温监测系统设计方案

2.1 系统功能

设计的触点超温监测系统框图如图 3 所示,传感器输出的信号送入信号调理电路,信号调理电路的功能为:1、阻抗匹配。该电路具有高输入阻抗($\geq 100 \text{ G}\Omega$)、低偏置电流($\leq 1 \text{ pA}$),由于传感器敏感单元的内阻很大,用低阻抗电路来调理信号会引起很大的外部电流。2、温度补偿^[7]与信号放大。采取传感器内部的正温度系数的热敏电阻来对温度进行补偿:传感器阳极 $S(+)$ 输出的电势信号与传感器 5 引脚(内部热敏电阻一端)输出的电动势信号经过放大电路分别放大处理后,送下一级减法电路中,这样减法器输出是两个电极之间变化的电动势 ΔE ,而

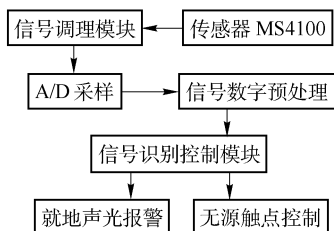


图 3 触点超温监测系统框图

Fig. 3 Block diagram of the system

不是绝对电动势 E 。

信号调理模块输出的信号送入以 MSP430F149 单片机为核心的信号处理模块,该模块完成以下任务:信号采样、数据存储、数据实时滤波与超温识别判断功能。单片机通过驱动光耦继电器实现就地声光报警与无源触点闭合信号输出。

2.2 温度补偿措施

为了使传感器保持在最敏感的温度上,需要给传感器内部的加热电阻提供加热电压,加热电压的变化将直接影响传感器的稳定性,因此加热电压必须稳定,其范围在 $(5.0 \pm 0.2) \text{ V}$ 之内。另外,对于传感器温度的影响还有来自传感器所处环境温度的变化。因此,除了保持加热电压稳定以及上述硬件补偿措施以外,在软件方面,采取高速采样、数字滤波和取区间均值等数据处理方法来进一步滤除由温度波动所造成的影响。

2.3 电磁屏蔽措施

MS4100 二氧化碳传感器是固态电化学气体敏感元件,其输出电动势容易受到周边强电磁场的影响,尤其在高压开关柜这样特殊的工作环境中,因此需要采取全面的屏蔽措施来避免高压开关柜内强电磁场干扰:监测系统电路置于金属壳内部、MS4100 传感器探头用一个不锈钢网外罩、监测电路与报警电路采用屏蔽电缆相连。采取电磁屏蔽措施后,强电磁场的干扰得到有效的抑制。

3 监测信号识别方法

3.1 原始信号的数字预处理

由于 MS4100 传感器本身的电气特性以及监测电源电路存在的固有噪声干扰,经过信号调理电路输出的信号波动较大,有效信号被淹没在噪声当中,无法正常地进行识别处理。因此,在超温信号识别前需要进行实时的数字滤波。平滑滤波与 RC 滤波是常见的信号实时预处理方法。图 4 为 CO_2 释放过程中监测得到的原始信号,图 5 为滤波系数 $K=0.0005$ 的 RC 滤波信号,图 6 为数据区间长度 $DT=1000$ 的平滑滤波信号。

对比滤波前后的波形,可以看到:经过数字滤波处理后的信号比较平滑,为超温信号的可靠识别创造了条件。

由于系统 A/D 采样周期较长($T=100 \text{ ms}$),利用平滑滤波方法达到理想的滤波效果,需要较长的数据长度。由图 6 可见平滑滤波的效果不错,但引

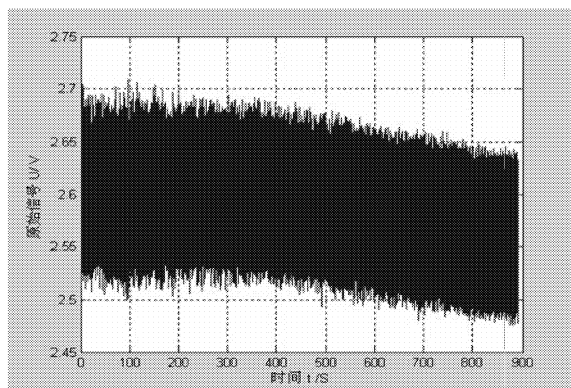


图4 原始信号

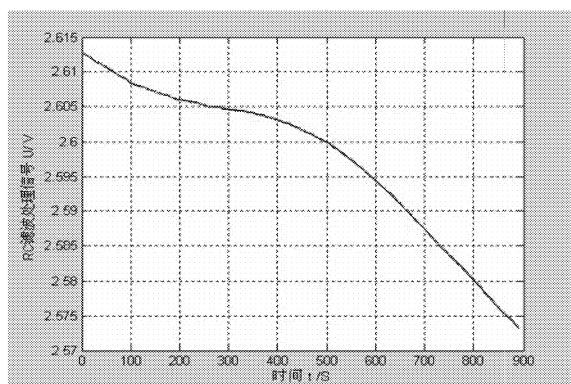
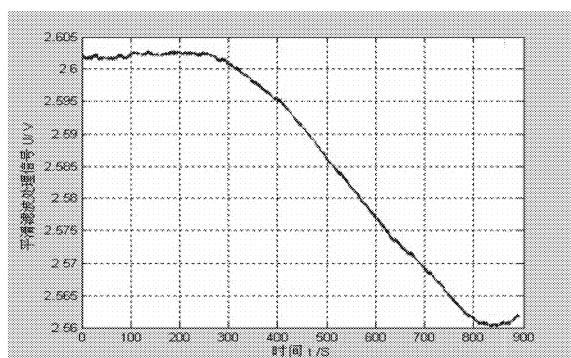
Fig. 4 Raw CO₂ monitoring signal图5 $K=0.0005$ 时 RC 滤波以后的信号Fig. 5 Signal after RC filtering at $K=0.0005$ 图6 $DT=1000$ 时平滑滤波信号

Fig. 6 Signal after moving average filtering at $DT=1000$ 起的滞后也很明显,对实时报警不利。因此,本文采用 RC 实时滤波方法。

3.2 基于顺序区间差分的信号识别方法

由于传感器本身因素(敏感电极材料的消耗)与空气中的 CO₂ 浓度自然波动两个主要因素的影响,传感器输出电动势值存在着长时间的不稳定。图 7 是在正常情况下,对开关柜内 CO₂ 浓度监测得到的 24 h 动态变化曲线。

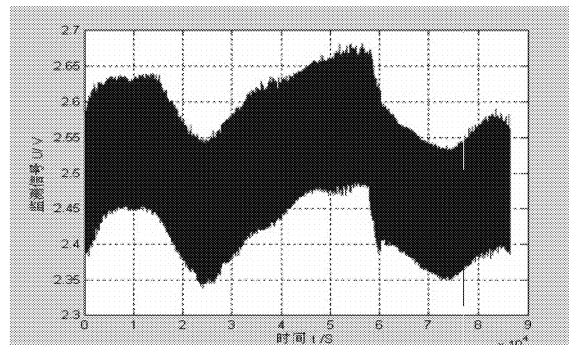


图7 开关柜内 24 h 监测记录

Fig. 7 Raw CO₂ monitoring signal within 24 h in high voltage cabinet

因此,在传感器输出电动势存在动态变化的情况下,当高分子示温片在其温度达到熔点,释放 CO₂ 时,如何正确识别是监测系统控制算法设计的一个关键问题,设计的基本目标是在消除误报的基础上,提高报警的实时性。由于监测信号处于动态变化中,因此不能用绝对阈值加以判断,宜采用相对阈值。顺序区间差分就是一个相对阈值,其定义为前一区间信号均值与当前区间信号均值的差值。表达式为:

$$D(k) = \frac{\sum_{i=(k-1)NT+T}^{kNT} E(i)}{NT} - \frac{\sum_{i=kNT+T}^{(k+1)NT} E(i)}{NT} \quad (3)$$

式中 k 为当前区间序号, $E(i)$ 为序号为 i 的电动势信号, NT 为区间内信号长度。

4 实验结果与分析

对所设计的触点超温监测系统进行了实验验证,使示温片温度长时间保持在 55℃ 左右。之后,通过直流供电的加热块使示温片受热释放 CO₂,在加热块开始通电 100 s 左右处,测温仪显示到达 65℃ 时,示温片颜色发生了突变。正常情况下信号的顺序区间差分曲线(上)与温度超限信号的顺序区间差分曲线(下)如图 8 所示,比较两个曲线可以看出:在正常情况下,差分幅值较小,幅值在 -0.8~1.2 mV 之间呈正负相间的随机变化;在温度超限时,幅值明显增大且持续保持正值,幅值在 1.5~4.0 mV 之间,这与正常信号的特征有着显著的差异,从而保证了超温报警的可靠性。

5 结束语

本文提出的基于高分子示温片的高压开关柜触

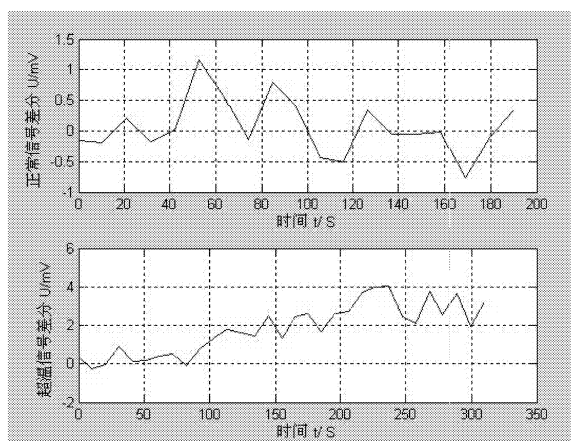


图8 正常监测信号与超温信号的顺序区间差分曲线

Fig. 8 Sequential section difference curve in the normal monitoring process and in the process of over-temperature

点超温监测方法,为开关柜触点超温监测提供了一种新的监测手段。分析表明:软硬件温度补偿方法、数据在线实时滤波法给后续超温识别提供了基础;基于顺序区间差分信号识别法能够可靠地识别 CO_2

浓度的异常变化,提高了监测系统的可靠性。

参考文献:

- [1] 刘建胜, 鄢达, 张凡. 一种用于变电站高压触点温度在线监测的新方法[J]. 电力系统自动, 2004, 28(4): 54-57.
- [2] 张艳, 田竞, 叶逢春. 基于红外传感器的高压开关柜温度实时监测网络的研制[J]. 高压电器, 2005, 41(2): 91-94.
- [3] 郑道弘, 刘念, 周龙翔. 高压开关柜触头光纤智能测温[J]. 高压电器, 1995, 4: 37-39.
- [4] 钱祥忠. 高压开关柜内接头温度在线监测系统的设计[J]. 仪表技术与传感器, 2007, 2: 73-75.
- [5] 巩宪锋, 衣红钢, 王长松, 等. 高压开关柜隔离触头温度监测研究[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(1): 155-158.
- [6] 王彪, 刘奎学, 何月华等. 新型 CO_2 传感检测仪的研制[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(8): 835-839.
- [7] 王云景, 赵红旗. 二氧化碳传感器 TGS4160 的工作原理及应用[J]. 国外电子元器件, 2004, 2: 63-65.

Over-temperature detection for isolated contacts in high voltage switchgear

SUN Jian^{1,2} LIN WeiGuo¹ CHEN YongMei³

(1. College of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029;

2. School of Information Engineering Huangshan College, Huangshan Anhui 245021;

3. School of Science, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: A method for indirect over-temperature detection of isolated contacts in high voltage switchgear, based on a novel polymer label and an Na Superionic Conductor CO_2 sensor, has been proposed. The principles underlying the over-temperature detection are analyzed and a practical over-temperature detection system has been developed. In view of the characteristics of the raw signal, an appropriate method of real-time digital filtering was devised. The differences between the signals obtained at over-temperature conditions and under normal conditions are discussed. A reliable algorithm for over-temperature detection based on sequential section difference has been devised and experimental tests showed that the method is reliable.

Key words: temperature-indicating polymer label; CO_2 gas sensor; high voltage switchgear; over-temperature detection; sequential section difference