

文章编号:1671-251X(2021)S1-0082-03

煤矿高压开关柜触头测温方法分析与优化

姜明学

(国家能源集团乌海能源有限责任公司 机电动力部, 内蒙古 乌海 016000)

摘要:高压开关柜是煤矿供电系统中最重要的电气设备之一,其触头温度是反映供电系统运行正常与否的关键参数。分析了目前常用的触头温度测量方法存在的问题,即使用寿命短、采样周期长、监视温度范围窄、误报警、互换性差。针对存在的问题,提出采用硬件和计算方法对温度测量方法进行优化设计,采用主变测温组件,通过保护装置一体化的测温方法,直接将 Pt100 信号引入保护装置,在保护器中进行信号处理和分析,真正实现了测温的即插即用。优化方法不需要外部电源,摆脱了电源电压对采样周期的限制,延长了使用寿命,拓宽了温度监视范围,使测温工作更加安全;同时避免了原测温方法通信接口及规约的不一致现象,增强了测温系统部件的互换性。

关键词:煤矿供电;高压开关柜;触头测温;主变测温组件;优化

中图分类号:TD61 文献标志码:B

Analysis and optimization of temperature measurement method for high pressure switchgear contacts in coal mine

JIANG Mingxue

(Mechanical and Electrical Power Department, CHN Energy Wuhai Energy Co., Ltd.,
Wuhai 016000, China)

0 引言

变电站的高压开关柜是煤矿供电系统中最重要的电气设备之一,由于制造、运输、安装不当,会造成静、动触头接触不良,导致接触电阻过大发热而最终损害设备,因此,有必要对高压开关触头进行测温。目前,煤矿井下高压开关触头测温方法大多采用接触式温度检测、无线传输测温方法,该类方法采用热电偶或传感器进行测温,测温装置工作电源采用纽扣电池或感应电压提供,测温数据经无线传输至监控主机。由于受测温装置纽扣电池或感应电压提供的工作电源限制,在使用过程中存在着采样周期长和测温范围窄等缺陷。随着煤矿智能化及配电室无人值守要求的提出,对高压开关设备运行的可靠性,即触头温度测量准确性要求也逐步提高,因而需要对现有的测温方法进行优化,达到更为准确的测温目的。

1 测温方法分析

经过近几年煤矿供电设备相关技术的发展和实

际应用中效果的研究及总结,煤矿井下高压开关触头测温方法主要有电池供电感应供电触头测温方法 2 种。

1.1 电池供电触头测温方法

电池供电触头测温方法采用热电偶或传感器进行测温,测温装置工作电源采用纽扣电池提供,测温数据经过处理后通过无线传输至监控主机。该测温方法只需将测温装置安装于高压开关防爆外壳内部,由于采用电池供电方式,安装位置较为灵活。信号接收器安装在高压开关外部,测得的温度信号通过无线传输的方式发送至信号接收器,经处理后送至监控主机,实现了高压设备和温度在线检测的一体化。但在实际使用过程中,发现该测温方法具有以下缺点:① 使用寿命短、采样周期长。由于采用电池供电,为节约能源一般采用加长数据进行采集,采集周期为 5 min/次,但寿命仍不超 1.5 a。同时由于采样时间长,会导致故障时报警延误。② 监视温度范围窄,工作不安全。由于电池等电子器件均有工作温度范围,当真正故障温度升高时(超过 100 ℃)测温系统会停止工作,温度过高甚至发生爆

收稿日期:2021-02-02;责任编辑:张强。

作者简介:姜明学(1988—),男,山东平度人,工程师,从事机电技术相关工作,E-mail:329533744@qq.com。

炸。③ 误报警。在电池电压降低到停止工作前会发生误报警。④ 互换性差。在使用无线传输时,由于测温装置与接收器及监控主机需要有相同的接口及规约,而目前国内相关领域没有一个统一的标准,这就导致不同厂家甚至同一厂家不同型号批次的测温接口规约不一致,进而导致测温系统的部件不具备互换性。

1.2 感应供电触头测温方法

感应供电触头测温方法同样采用热电偶或传感器进行测温,不同之处在于测温装置工作电源采用感应电压提供,测温数据经过处理后通过无线传输至监控主机。该测温方法在具备电池供电的优点的基础上,避免了电池供电使用寿命短,需要频繁更换电池的缺点。但在实际使用过程中发现,同样具有一定缺点:① 采样周期长。由于采用感应电压供电,采样频率为 5~10 s/次,寿命也不再受采样频率影响,但采样周期还是不能满足自动化系统的需求。② 监视温度范围窄,工作不安全。由于电子器件均有工作温度范围,当真正故障温度升高时(超过 100℃)测温系统会停止工作,甚至发生爆炸,而在感应电压不能满足工作电压要求时,测温系统也不能工作。③ 互换性差。与电池供电方式一样,由于监控主机接口及规约的不一致性,导致测温系统部件不具备互换性。

2 测温方法优化

通过以上 2 种触头测温方法的分析不难发现,无论是采用电池供电测温还是感应供电测温,其根本性区别在于电源提供方式上的不同。基于以上 2 种触头测温方法的应用经验来看,无论哪种供电方式都存在一些缺陷。因此,需要对其进行优化。

2.1 硬件优化

以上 2 种触头测温方法都属于接触式测温方法,其硬件部分主要包括测温装置(包括温度传感器、温度测量运算电路和无线通信电路)、外部信号接收器和监控主机(包括路由器、显示模块和温度收集装置协调器)。本文采用主变测温组件,即通过保护装置一体化的测温方法,直接将测温芯片 Pt100 信号引入高压开关综合保护装置,将其与温度变送器集成在一起,安装在综合保护装置内。上传的 Pt100 信号经信号采集转换模块采集后计算,通过综合保护装置的通信网络传输到主机、集控站、各级调度处。相较于现有方法,该方法具备以下几个优点:① 不需要外部电源。由于测温装置的运算电路集成在保护装置内部,保护装置直接接入 Pt100 信号,信号处理和计算过程所需电源直接由保护装置

提供,不再需要外部电池或感应电源。② 温度监视范围宽,工作安全。由于测温部分没有任何电子器件,温度监视范围只与 Pt100 电阻的选择有关,同时故障后高温不再有器件爆炸的危险。③ 互换性强。由于保护装置测温一体化的设计,而保护器的通信方式有相应的标准和规范,就不再有测温系统接口及规约的不一致现象,增强了测温系统部件的互换性。

2.2 算法优化

常见热电阻分度表的编制一定程度上满足了测温工作的实际工作需要,但是该方法需要将 Pt100 信号直接接入保护装置,实现温度的自动化测量,这就需要通过实现温度与阻值之间的自动换算。常规算法有拟合法和解析法。拟合法是通过线性回归方法用分度表的数值拟合出计算公式,该方法工作量大、误差大,而且公式不通用。解析法是用数学解析的方法推导出计算公式,计算结果准确、计算方便,且适合于各种测温材料。经过对比分析,本文采用解析法进行计算,包括温度计算阻值方法和阻值折算温度方法。

2.2.1 温度计算阻值方法

通过由温度计算阻值公式计算电阻。由温度计算阻值公式为

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3] \quad (-200 \sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}) \tag{1}$$

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2] \quad (0 \sim 850\text{ }^{\circ}\text{C}) \tag{2}$$

式中: R_t 为当温度为 t 时的阻值; R_0 为当温度为 0 时的阻值; A, B, C 为系数,按照工业铂热电阻分度表 IEC751 标准, A, B, C 系数的选取参数见表 1。

表 1 Pt100 参数

元件	R_0/Ω	A	B	C
Pt100	100.00	$3.908\ 3 \times 10^{-3}$	-5.775×10^{-7}	-4.183×10^{-12}

2.2.2 由阻值折算温度方法

通过解析法,对式(1)进行推导出,可推导出温度。

对式(1)两边同时除以 C 可得

$$\frac{R_t}{C} = R_0[\frac{1}{C} + \frac{A}{C}t + \frac{B}{C}t^2 + (t - 100)t^3] \quad R_t \leq R_0 \tag{3}$$

式(3)经变形得

$$\frac{R_t}{C} = R_0[\frac{1}{C} + \frac{A}{C}t + \frac{B}{C}t^2 + (t - 100)t^3] \quad R_t \leq R_0 \tag{4}$$

令: $a = -100, b = \frac{B}{C}, c = \frac{A}{C}$, 并将其代入式(4),整理可得

$$\frac{R_t}{R_0 C} = \frac{1}{C} + ct + bt^2 + at^3 + t^4 \tag{5}$$

$$\frac{R_0-R_t}{R_0C}+ct+bt^2+at^3+t^4=0\tag{6}$$

令 $d=\frac{R_0-R_t}{CR_0}$, 并将其代入式(6)得

$$d+ct+bt^2+at^3+t^4=0\tag{7}$$

令 $p=-\frac{b^2}{3}+ac-4d, q=\frac{2b^2}{27}-\frac{1}{3}(4bd-abc)+a^2d+4bd-c^2$, 并将其代入式(7), 整理后再令 $u_0=\sqrt[3]{-\frac{q}{2}+\sqrt{(\frac{q}{2})^2+(\frac{p}{3})^3}}+\sqrt[3]{-\frac{q}{2}-\sqrt{(\frac{q}{2})^2+(\frac{p}{3})^3}}+\frac{b}{3}$, $m'=\frac{a}{2}-\sqrt{\frac{a^2}{4}-b+u_0}$, 经过替换代入式(7)整理后, 式(1)可变形为以为变量的阻值折算温度公式:

$$t=\frac{-m'-\sqrt{m'^2-4m'}}{2}\quad R_t\leqslant R_0\tag{8}$$

为验证上述算法准确性, 选取具备代表性阻值进行计算验证, 结果见表 2。

表 2 计算及查表对比

Pt100 电阻值/ Ω	公式计算结果/ $^{\circ}\text{C}$	分度表结果/ $^{\circ}\text{C}$
18.52	-200.00	-200
60.26	-99.989 7	-100
100	0	0
138.51	100.01	100
175.86	200.01	200
212.05	300.00	300
247.09	399.99	400

以上 7 个阻值计算结果与分度表查询结果比较, 最大误差出现在 PT100 电阻值为 60.26 Ω 时, 误差为 0.010 3 $^{\circ}\text{C}$, 平均误差为 0.002 5%。经计算验证, 该算法准确有效。

3 结语

通过对当前煤矿高压开关柜触头测温方法的分析, 发现在应用当中存在一定缺陷和隐患。基于煤矿供电智能化和井下供电无人值守要求的基础, 提出了测温方法的优化方法。相较于现有方法, 该优化方法具备不需要外部电源, 摆脱了电源电压对采样周期的限制, 延长了使用寿命, 可以拓宽温度监视范围, 使测温工作更加安全。同时避免了过去测温系统通信接口及规约的不一致现象, 增强了测温系统部件的互换性。经过分析及计算, 证明保护装置一体化测温的解析方法能满足安全生产和准确性要求的, 尤其适合于计算机编程要求, 适合煤矿供电智能化发展需求。

参考文献:

[1] 彭云. 10 kV 高压开关柜在线测温技术研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2010.

[2] 廖晖, 刘述钢, 高永毅. 基于 Pt100 的配电终端温度测量系统设计[J]. 信息通信, 2018(9):68-70.

[3] 邓友, 丁卫撑, 陈浩峰. 基于传递函数法的 PT100 的高精度测温设计[J]. 电子测量技术, 2015, 38(12): 92-95.

[4] 兰羽, 白洁. 基于 Pt100 传感器的温度测量系统设计[J]. 机械与电子, 2013(10):44-46.

[5] 费万民, 吕征宇, 耿福江, 等. 高压开关触点和母线温度在线检测与监视系统[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(3):86-88.

[6] 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.

[7] 刘建胜, 鄞达, 张凡. 一种用于变电站高压触点温度在线监测的新方法[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(4): 54-57.