

电力电缆接头运行中的实时监测

王新超,王 葵

(山东大学电力工程学院,山东 济南 250061)

摘要: 对电缆接头故障进行了一些有益的分析,给出了以接头温度来间接换算接头电阻以及外皮绝缘老化的在线估计算法,较好地解决了接头电阻无法直接测量和绝缘老化不好直接观察的问题。设计出了以性能可靠的工控机为核心的监测系统,具有温度越限报警、定时打印等功能。实践证明该原理及方法具有良好的可信度和可靠性。

关键词: 电缆故障; 微机监测; 电缆接头

中图分类号: TM733 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2001)08-0046-03

1 引言^[1]

在城市和大中型企业的供电系统中,越来越多地采用电力电缆输配电。当供电距离较长时通常在线路上要出现电缆接头,多年的运行经验显示90%以上的电缆运行故障是由接头故障引发的。通过进一步的分析表明,接触电阻、过负荷等因素是引起接头温度过高,造成电缆接头处绝缘老化、易发故障的主要原因。为此我们试制开发了能够同时监视多个电缆接头温度变化,实时显示、定时打印记录各接头温度值,并具有综合分析报警功能的集散型电缆接头温度监测系统,以便运行人员能及时准确地了解电缆运行的情况,有效地避免隐患事故的发生,确保送电安全。

2 温度监视的理论依据和算法探讨

无数次实践证明接头温度是反映接头质量的主要参数,当接头接触电阻增加时,其接头温度也必然升高。而长时间较高的温度通过对温度的连续检测和优化处理,可及时分析和掌握接头质量的变化,发现可能的故障隐患。为了取得接头电阻与温度的关系,作如下的分析。

2.1 接头热源

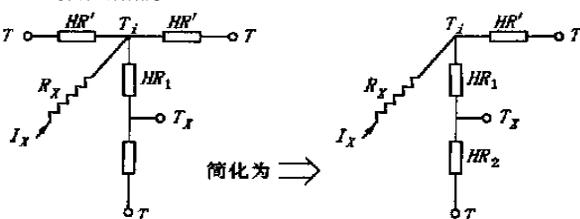


图1 电缆接头处电力及热力混合网络

接头发热主要是由流经线路的电流在接头电阻

处的损耗所释放出来的热能,该能与流经线路的电流平方以及接头电阻值成正比。

2.2 热的传递

热主要沿三个方向传递,即向导线两方传递和经过接头绝缘皮向外传递。由于热阻的存在,沿导线其温度按一定的梯度分布,接头处温度最高,逐步衰减下去至一定距离到达环境温度;沿接头绝缘皮传递的热,经绝缘皮热阻及一定范围的空气热阻过度到环境温度。

2.3 电力及热力混合网络

通过上述的分析和忽略一些次要因素,我们可以总结出如图1所示的电力及热力混合网络图。图中所标 T_i 代表裸接头处温度, T 电缆沟环境温度, T_X 测点温度, R_X 接头处接触电阻, I_X 由电流互感器测定的电缆电流, HR 是电缆两端折算到接头处的等效热阻, HR_1 由接头到温度检测单元的等效热阻, HR_2 温度检测单元到环境温度处的等效热阻。由于电缆带有高电压,从安全、安装难易度和成本考虑,要直接取得 T_i 代价比较高,因此在以后的分析中采用了间接温度 T_X 。元件及材料的选择是,测温元件热容量要小,测点与接头间应注入高绝缘导温好的材料,测点与环境间则使用绝热材料。经上述处理后,用 T_X 代替 T_i 的计算结果实际证明完全可以满足工程计算的要求。

2.4 算法及公式

根据图1的混合网络及相关定理,可以推导出电流温度及电阻的关系如下:

$$R_X = K \cdot \frac{I_{X0}^2 (T_X - T)}{I_X^2 (T_{X0} - T_0)} \cdot R_0 \quad (1)$$

式中 I_{X0} 、 T_{X0} 、 T_0 、 R_0 为安装初始测定值, K 比例修正系数。由上式可见,当用电设备正常运行时(其负

荷电流不会变化很大),接头电阻与温差($T_x - T$)成正比,也就是说我们可以将电缆头的温度作为电缆头故障的预警信号。

除了极限预警情况下要及时对电缆头采取处理之外,在设备大修停电期间对非预警的电缆头进行质量评估,找出隐患加以解决,则显得更有意义。因为这时候的维修丝毫不会影响生产。这类评估主要从接头电阻是否已有质的变化,接头绝缘老化情况如何等入手。由于接头绝缘老化会使绝缘强度和密封性下降,带来漏电和加速接头氧化过程导致接头寿命缩短等潜在隐患,对其正确评估是很有实用价值的。下面就针对这两个问题,探讨一下评估的依据和方法。

在公式(1)中,由于初始值参数不易取得(绝大多数温度探头都是在线路运行以后加上去的,即现有设备的技术改进),直接使用不方便。幸运的是在工程实践中我们发现,只要注意关心最近一段时间内接头电阻是否有了明显的变化就可以找出隐患。比如假设 t_1 时刻以前(一般可以取温度探头接入时刻)接头性能良好,并作为标准与现在某个 t_2 时刻的接头性能进行比较,以取得其变化的比率。该比率可以通过由公式(1)直接推导出来的公式(2)求得。公式(2)是 t_2 时刻的接头电阻 R_{x2} 与 t_1 时刻的接头电阻 R_{x1} 的比值,其中 I_{x2} 、 T_{x2} 、 T_2 、 I_{x1} 、 T_{x1} 、 T_1 分别为 t_2 与 t_1 时刻的对应参数。我们现在可以把它作为接头电阻评估的依据。

$$P = \frac{R_{x2}}{R_{x1}} \cdot \frac{I_{x1}^2 (T_{x2} - T_2)}{I_{x2}^2 (T_{x1} - T_1)} \quad (2)$$

引起绝缘材料老化的因素很多,机理复杂。在一般使用情况下,当受到温度、光照、外力作用时,绝缘材料(高阶聚合物)极易与氧等发生反应,导致降阶同时产生氢气、甲烷、二氧化碳等有害气体或水形成洞或裂缝,使材料变脆、龟裂,降低了材料的绝缘强度和密封性。要总结出一种较精确的评估方法不太容易,不过长期实践证

明绝缘材料长时间地处于较高的温度下,会加速绝缘老化。由此出发,提出了以温度与时间积累的相关性为基础的评估方案:

$$L(t) = \sum_{i=1}^N M_x \cdot M_T \cdot (T_x - 40) \cdot t \quad (3)$$

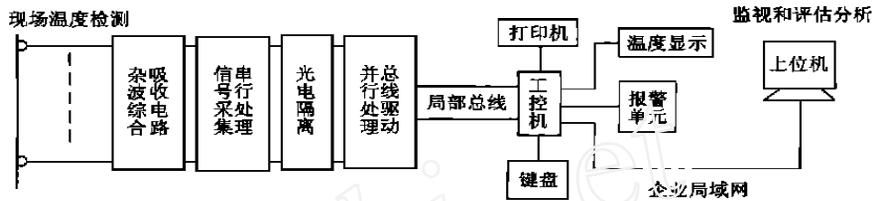


图2 系统硬件结构框图

式中 M_x 为材料修正系数, M_T 为温度修正系数, I_x 测点温度,当 T_x 小于 40 时不产生积累。在实际系统中,我们对这种积累分五级评判,当进入某一评判线时,给出对应的更新提示。

3 工作原理框图和主要硬件电路

3.1 原理框图

如图2示,测点信号首先通过杂波综合吸收电路单元,实现过压保护和滤波;滤波后信号进入采集板串行化,串行信号经光电隔离后由计数电路和定时窗口锁存等实现并行化;再经局部总线进入工控机及时加以分析处理,结果送显示器显示。当达到报警值时,起动报警单元,并驱动打印机打印预警故障报告(预警故障时间、故障点等)。小键盘用于设定警戒温度,定时打印,采样路数等。

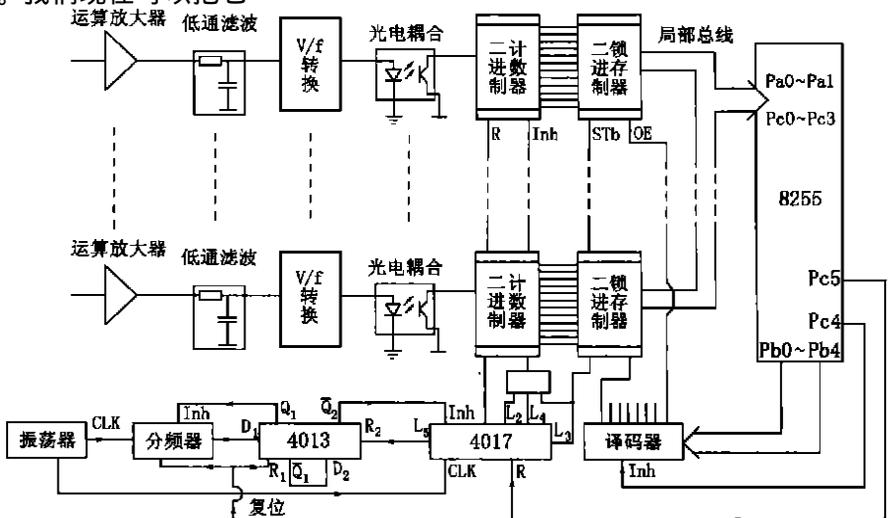


图3 温度采集和转换电路

3.2 主要硬件电路

1) 温度测点元件

电缆接头一般都具有分布面广、相距较远、现场无可利用低压电源等不利条件。长距离的传输导线带来的阻抗误差和电磁干扰,严重地影响着测量的精度。为了适应上述条件,在查阅了大量资料和列表对比筛选后,确定选用性能优异的温度检测元件 AD590。该器件为电流型,具有良好的稳定性和干扰抑制能力,其信号传输距离可达 1km。

2) 温度的采集及 AD 转换电路

如图 3 示,现场取得的温度电流信号,经无源元件组成的高峰脉冲综合吸收滤波网络处理后,送入变送放大器转换为电压信号。电压信号再经过低通滤波 V/F 转换实现模拟信号的串行化。串行化的信号便于光电隔离,但不便于采集,所以经过光电隔离后串行信号再次被计数器并行化,交由锁存器锁存以便微机随时查询。这种串—隔离—并的转换方式,克服了串—隔离—采模式所带来的严重瓶颈效应,适应了本装置同时多路采集的要求。各路检测信号以六路为一组分配到各个输入板。各板采用并联的方式接入局部总线,工控机通过发送地址来依次读取数据。该电路结构在光电隔离的同时实现了模/数转换。

3) 工控机^[2]

工控机选用北京康拓公司的 STD 总线工控机,由 STD5081CPU 板、STD5782-2 型 32 位轻触键盘并行打印机接口板、STD5789 系统支持板等组成。其各板资源配置如下:

(1) STD 5081

主 CPU 为 Intel18088 的 16 位处理器,主存 128K EPROM、64K RAM,中断控制器 8259,定时器控制器 8253,异步通信控制器 8251,并行接口控制器 8255;

(2) STD 5782-2

由 8 个 7 段数码显示管、32 位轻触键的小键盘和控制板组成。其控制板主控芯片为 8279,并设有 26 线并行打印机接口一个;

(3) STD 5789

两路 Watchdog 监控定时器,交流掉电检测及不可屏蔽中断申请电路,备用电池供电的实时日历时钟,后备电池供电的 32KSRAM;

PC 主流 CPU 的结构,为工控机带来了强大的模块软件支持,使它在数据处理、通信、系统扩展等诸多方面,更容易、方便和可靠。

4) 软件设计^[3]

软件由汇编语言生成,配合调用已有的功能软件模块,实现键盘、显示、打印和通过 8251 芯片与上位机的数据异步传输。主软件流程图如图 4 示。

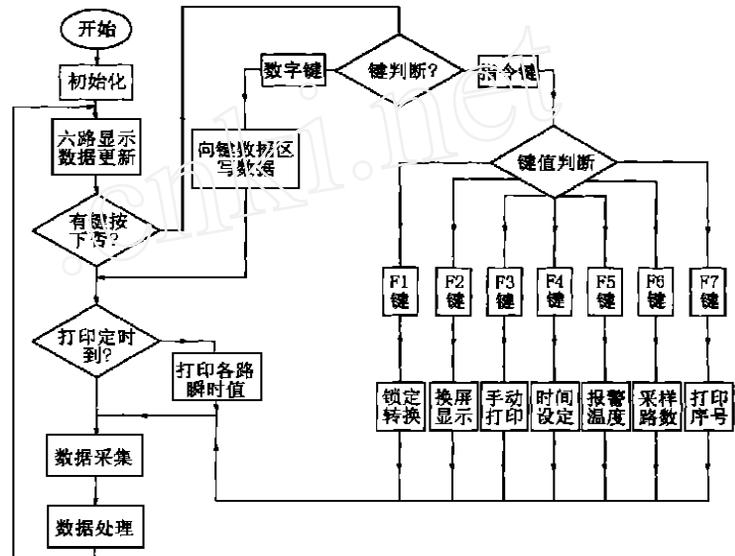


图 4 程序流程图

4 结束语

本系统具有完整的数据采集、传输、处理、显示、打印及远距离通讯能力,并配有强大的软件支持,从其设计结构上可以看出,它不仅能用于电缆接头运行性能的动态监测,还可以通过配以其他检测元件,对各种工业控制量实现实时监测。如使用气敏元件,实现电缆沟或其他诸如危险气体的输送管道沟中,有害气体浓度的监测等。

本系统已经成功地投入齐鲁石化胜利炼油厂重油加氢开闭所试运行。三年多来,装置性能稳定、运行效果良好,已两次成功地检测出故障隐患,减少直接损失一百多万元,间接损失数百万元,为企业带来了巨大的效益,确保了厂区电网及生产的安全,具有很好的推广价值。

参考文献:

- [1] 王昆明,杨黎明,饶文彬. 110kV 交联聚乙烯电缆模压接头故障分析. 高电压技术, 1993, (1): 38~40.
- [2] 魏庆福. STD 总线工业控制机的设计与应用. 科学出版社, 1991. 117~129.

(下转第 66 页)

间电压相等。另外,实测时将 S_a 试验电压加至 U_L 端子上(如图5虚线所示),实际是将 $-(U_b + U_c)$ 加入到微机保护 $3U_0$ 回路上, $-(U_b + U_c) = U_a = \sqrt{3}U_A$,所以采样值中同样符合 $3U_0$ 和 U_A 同相,幅值相差 $\sqrt{3}$ 倍。

3 结论

由以上实例中我们得出结论:带负荷测零序功率方向结果不是与现场接线一一对应的,即使带负

荷测试结果与我们假定接线理论分析完全相符,也不能保证整个 $3U_0$ 回路接线完全正确,只有对 PT 开口三角 L、N 线在导通核对正确的基础上,再作带负荷测试,结果才具有判别意义。将带负荷测试看作检查现场接线的充分条件,是我们认识上的误区,会造成实际工作的失误。

收稿日期: 2001-04-17

作者简介: 吴凤婷(1970-),女,大专,主要负责电力系统继电保护运行管理工作。

Analysis of testing the direction of zero - sequence power in loading

WU Feng-ting¹, SUN Zhao-jun²

(1. Yangjiang Power Supply Bureau of Guangdong, Yangjiang 529500, China;

2. Jiangmen Power Bureau of Guangdong, Jiangmen 529030, China)

(上接第48页)

[3] 沈美明,温冬饯. IBM PC 汇编语言程序设计. 北京:清华大学出版社,1991. 123 ~ 138.

收稿日期: 2000-11-22

作者简介: 王新超(1962-),男,讲师,硕士,长期从事电气检测、继电保护装置的研究; 王葵(1966-),女,讲师,硕士,长期从事继电保护装置的研究工作。

Power cable junctions temperature monitored on line

WANG Xir-chao, WANG Kui

(Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: In this paper, We do some instructive analysis on the fault of electrical power cable junctions, and give out the idea of converting the juncture point temperature into the juncture resistance and the idea of evaluating the aging of the insulation by the accumulating temperature-raising time in which the direct juncture resistance measurement and the direct survey of the insulation aging are avoided. A monitor system with industrial computer is given, which has the functions of alarming and printing when the temperature overstep the boundary. By practice the reliability and the credence of the principle and the idea has been confirmed.

Key words: cable fault; microcomputer monitor; power cable junctions

(上接第63页) 采用合理的判别 CT 断线的方法是完全可以, 将 CT 断线闭锁差动保护的功能投入的, 这对电网比较薄弱的地区尤其重要, 否则差动保护的电流互感器二次回路断线, 引起变压器差动保护动作, 将造成大面积停电。

收稿日期: 2001-04-09;

作者简介: 蔡桂龙(1952-),男,高工,从事电力工程技术管理工作; 唐云(1964-),女,工程师,主要从事继电保护的运行管理工作。

Analysis of the second circuit breaking blocking operation of a CT of differential protection for transformer

CAI Gui-long, TANG Yun

(Yancheng Power Supply Bureau, Yancheng 224002, China)

Abstract: By calculating the operating current of various differential protections of transformers and analyzing the performance of the differential protection of transformer that escaping from the second circuit breaking of CT, it shows that in case of the sufficient criteria, the function of the differential protection output for CT breaking blocking of transformer differential protection should be workable.

Key words: transformer; differential protection; CT; breaking blocking