

电气设备载流部件红外诊断的相对温差判断法

申大勇

(锦州石化公司 设备研究所, 锦州 121001)

摘要:介绍了采用相对温差判断法诊断由于电流致热型电气设备缺陷的内容实质,对其原理、判据进行分析,最后对实际应用中应注意的几点问题进行讨论,并提出建议。

关键词:红外诊断;相对温差;标准

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2011)01-0050-03

Infrared Diagnostic Method to Determine the Relative Temperature Difference for Current-Carrying Parts of Electrical Equipment

SHEN Da-Yong

(Jinzhou Petrochemical Company Equipment Institute, Jinzhou 121001, China)

Abstract: Diagnosis of the relative temperature difference to determine current-induced heat due to defective electrical equipment-type substance was introduced, and its principles and criteria were analyzed, the points which should be attended in practical application were discussed, and some recommendations were put forward.

Keywords: Infrared diagnosis; Relative temperature difference; Standard

通过红外诊断发现的电气设备缺陷中,大量的为载流部件过热缺陷。此类过热缺陷由电流效应所致,引发的原因有:接触电阻增大、导体材质不良或导体损伤,而前者是最主要的。虽然在电气设备预防性试验规程中,规定对开关类设备的主回路电阻、变压器类设备的直流电阻等项目进行测试^[1],但系统中仍然存在许多这类缺陷未被检测。因此,在现阶段的电气设备红外诊断工作中,诊断载流部件过热缺陷仍是其中的主要内容之一。

由于红外诊断技术在保证电力安全生产和提高供电可靠性方面取得了明显的效果,同时,其经济效益十分显著,在工业发达的国家更是普遍推广使用,应用范围也从最初的电器设备和电力线路开始扩大到发电厂等相关领域。对电气设备而言,通过热分布场的变化而探测,分析判断设备内部热缺陷通过热传导而引起外部热分布场的变化。合理运用并有效地掌握该方法将对此类缺陷检出,对设备的安全

经济运行具有十分重要的意义。1999年,我国首次发布并实施电力行业标准 DL/T 644—1999《带电设备红外诊断技术应用导则》(以下简称《导则》)。该《导则》中提出了相对温差判断法,并给出了明确的参数定义和判断依据^[2],为诊断电气载流部件的过热缺陷发挥重要的指导作用。

1 电气设备红外诊断方法

《导则》中共提出了五种电气设备红外诊断方法:表面温度判断法、相对温差判断法、同类比较法、热谱图分析法以及档案分析法。

第一种方法直接利用红外仪器的测量值,对照 GB 763—1990《交流高压电器在长期工作时的发热》标准,根据设备最高允许温度或温升值的规定进行判断。而其它四种方法实质上都是基于进行比较的策略。其中,相对温差判断提出了一个量化的新参量,即相对温差。对于诊断载流部件过热缺陷,后三种方法是用于确定存在异常的判据,而前两种方法则是判断缺陷性质及其严重程度的尺度。第一种方法存在较大的局限性。提出相对温差判断法在一

收稿日期: 2010-01-18

作者简介: 申大勇(1972—),男,工程师,主要从事红外热像和大机组状态监测工作。

定程度上解决了这个问题,可作为判断载流部件过热缺陷的基本方法。

下文将对相对温差判断法如何能解决表面温度判断法的局限性问题,其理论基础、判据及标准展开分析。

1.1 相对温差的定义

根据《导则》3.4条,相对温差定义如下:两个对应测点之间的温差与其中较热点的温升之比的百分数。相对温差 δ_t 可用下式求出:

$$\delta_t = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} \times 100\% = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中 τ_1, T_1 ——发热点的温升和温度;

τ_2, T_2 ——正常相对应点的温升和温度;

T_0 ——环境参照体的温度。

由于过热点和正常点(常选择同一设备其他相别的相同部位)的散热条件是近似相同的,且流过设备的三相电流是基本对称,因此有:

$$\delta_t = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} \times 100\% \approx \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100\% \quad (2)$$

另外,可定义过热点的电阻相对偏差 δ_r 为:

$$\delta_r = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{得出} \quad \delta_t \approx \delta_r \quad (4)$$

式(4)说明,过热点的相对温差 δ_t 近似等于它的电阻相对偏差 δ_r 。因此,可以根据设备允许的电阻偏差来导出设备允许相对温差的大小^[3]。如果算出了被研究部位的相对温差值,也就能判断设备是否存在缺陷,甚至可以确定缺陷的严重程度。

1.2 相对温差判据

根据被测对象的相对温差大小,可以判断设备缺陷的严重程度。《导则》表1中给出了部分电流致热型设备的相对温差判据。

根据相对温差大小与设备允许电阻偏差之间所存在的对应关系,可以发现《导则》表1中判断电流致热型设备缺陷的尺度,基本上是等同于 DL/T 596—1996《电力设备预防性试验规程》(以下简称《规程》)中所要求的。如《规程》对 SF₆ 断路器导电回路电阻的规定。

敞开式断路器的测量值不大于制造厂规定值的120%,即电阻相对偏差 δ_r 为:

$$\delta_r = \frac{120 - 100}{100} \times 100\% = 20\%$$

在《导则》表1中则规定,对 SF₆ 断路器,当相对温差值 $\geq 20\%$ 时判断为存在缺陷。可见,两者是相

表1 部分电流致热型设备的相对温差判据

设备 类型	相对温差值/%		
	一般缺陷 ¹⁾	重大缺陷 ²⁾	视同紧急缺陷 ³⁾
SF ₆ 断路器	≥ 20		
真空断路器	≥ 20		
充油套管	≥ 20		
高压开关柜	≥ 35	≥ 80	≥ 95
空气断路器	≥ 50		
隔离开关	≥ 35		
其它导流设备	≥ 35		

注:1)“一般缺陷”是指对近期安全运行影响不大的缺陷,可列入年、季度检修计划中消除。2)“重大缺陷”是指设备仍可在短期内继续安全运行的缺陷,在短期内消除,消除前应加强监视。3)“视同紧急缺陷”是指缺陷的严重程度已使设备不能安全运行,随时可能导致发生事故或危及人身安全的缺陷,必须尽快消除或采取必要的安全技术措施进行处理。

表2 《导则》与《规程》中相关内容的对比

设备 类型	《导则》规定的 存在缺陷时相 对温差值/%	《规程》中关于回路 电阻的规定
SF ₆ 断路器	≥ 20	敞开式断路器的测量值不大于制造厂规定值的120%
真空断路器	≥ 20	建议不大于1.2倍出厂值
高压开关柜	≥ 35	运行中应不大于制造厂规定值的1.5倍
空气断路器	≥ 50	运行中的电阻值允许比制造厂规定值提高1倍
隔离开关	≥ 35	不大于制造厂规定的1.5倍

当的。其它的对内容如表2所示。

除了表2中所述的内容之外,还应注意两种设备。第一种是在《规程》中列出了回路电阻试验项目,但结果要求为运行中自行规定的设备;第二种是在《规程》中没有列出的,主要是导线、母线及各连接件。对此,可按《导则》提供的“其它导流设备”项进行判断。其规定为当相对温差 $> 35\%$ 时判断设备存在缺陷。

1.3 相对温差的特点

相对温差 δ_t 的大小实际上反映了过热点的电阻(接触电阻或体电阻)相对于正常部位电阻的偏差情况这一本质特征,因此它与负荷大小、环境条件、辐射率等因素都没有关系。而且,该值是归一化的,值域为 $0\% \leq \delta_t \leq 100\%$,能方便制定统一的判断标准^[4]。同时还注意到,在实际应用中,用于计算 δ_t

的温度为热像仪的测量值,由于辐射率设置偏差的影响,此值可能不是被测物体上的真实温度。研究表明^[4]:改变热像仪的辐射率设置,测量得到了不同的温度值,但相对温差 δ_t 仍始终保持不变^[5]。由于相对温差具有以上的特性,因此相对温差判断法也就克服了表面温度判断法所存在的不足。

2 具体案例故障分析及诊断

笔者所在单位于1998年引进日本NIKON-S270A型红外热像仪。在这几年的工作当中,应用热像仪对单位内的两座热电厂和六座变电站的多台主设备进行检测,发现在线电气设备内,外部热故障达25处,其中外部严重热故障6处,一般性热故障10处,内部热故障8处,故障点最高温度达133℃。对于所有热故障点,均及时通知了运行单位,其中严重故障点都及时采取了相应的处理措施,对保障电力设备安全运行起到了重要作用。下文将介绍检测过程中两个典型例子。

(1) 热电厂3号变电站1号进线红外热像图如图1所示,相关数据见表3。

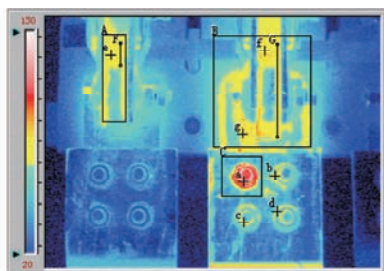


图1 典型的接头发热图像

表1 B相接头检测温度

设备	负荷率/%	环境温度/℃	测点温度/℃	温升/℃	相对温差/%
A	90	30	45	15	—
B	90	30	133.6	103.6	86.4
C	90	30	43	13	—

由式(2)可得:

$$\delta_t = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} \times 100\% = \frac{103.6 - \frac{15 + 13}{2}}{103.6} \times 100\% = 86.4\%$$

从表3数据可见,在相同负荷下,B相接头温度竟然达到A,C相接头温度的3倍,且B相接头相对温差也接近86.4%(属于“重大缺陷”),可见B相接头存在严重的接触不良。后停电检查,发现B相接

头处的联结板表面有一小处凸起,导致两块板压接不紧密,造成接头接触不良,引起过热现象。

(2) 焦化1号线B相瓷瓶下接线柱螺母红外热像图如图2所示,相关数据见表4。

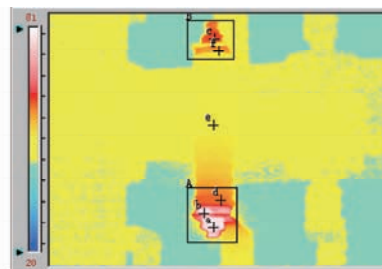


图2 典型的瓷瓶接头发热图像

表1 B瓷瓶接头检测温度

设备	负荷率/%	环境温度/℃	测点温度/℃	温升/℃	相对温差/%
A	80	28	39	11	—
B	80	28	86	58	82.7
C	80	28	37	9	—

式由(2):

$$\delta_t = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} \times 100\% = \frac{58 - \frac{11 + 9}{2}}{58} \times 100\% = 82.7\%$$

B相瓷瓶接头最高温度为86℃,相对温差达82.7%(属于“重大缺陷”)。所在位置为瓷瓶下接线柱螺母,可能是因为螺母松动而引起的局部温升,对该部位进行及时处理,该瓷瓶下接线柱螺母拧紧后一直安全运行。

3 结论

相对温差的大小实际上反映了电阻相对偏差的大小,在一定范围内,其相对温差值不受载荷大小、大气环境、材质辐射率设置等因素的影响。《导则》中确立的相对温差判据基本上体现了常规电气试验标准的基本要求。相对温差判断法用于诊断载流部件过热缺陷的最主要方法而且是最有效的方法。在实际应用中须注意如下几点:

(1) 计算相对温差值不但需要被测试部位的温度,还需知道正常部位及环境参照体的温度。一般可将三相间温度最低者作为正常部位,但它必须与被研究部位具有相同的结构、表面特征、电流大小、环境条件以及测量距离。环境参照体的温度由红外仪器对处于停役中的设备测量所得,不能用其它方法测得的环境温度代替。此外,这3个温度值必须

上海材料研究所 2011 年无损培训计划通知

2009 年 9 月由欧盟无损检测学会认定的中国无损检测学会人员资格认证机构和唯一认可的考试中心均设立在上海材料研究所。中国无损检测学会实行的 NDT 人员认证制度符合 EFNDT 认可的欧洲标准(EN 473—2008)和技术文件要求的专业范围,被 EFNDT 多国互认协议(MRA)所接纳并注册。

2011 年我所继续采取滚动办学方法,举办超声(UT),射线(RT),磁粉(MT),渗透(PT)和涡流(ET)初级(I 级)和中级(II 级)人员培训班。具体办班日期如下:

(1) 超声波探伤:2 月 22 日—3 月 11 日,3 月 29 日—4 月 16 日,5 月 17 日—6 月 3 日,7 月 12—29 日,8 月 23 日—9 月 9 日,11 月 3—20 日,12 月 13—29 日

(2) 磁粉探伤:1 月 5—17 日,4 月 14—27 日,6 月 21 日—7 月 3 日,8 月 2—14 日,9 月 14—25 日,11 月 22 日—12 月 2 日

(3) 渗透探伤:1 月 18—24 日,5 月 10—16 日,7 月 5—11 日,8 月 16—22 日,10 月 11—17 日,12 月 6—12 日

(4) 射线探伤:3 月 15—27 日,6 月 7—18 日,10 月 18—28 日

(5) 涡流探伤:4 月 12—20 日,11 月 1—7 日

根据 GB/T 9445—2005/ISO 9712:1999 规定,一种 NDT 方法应用于一个或多个工业门类(焊接件、锻件、铸件、管件等),相应考核采取不同的试题

和工件,无损检测资格证书上将注明所报考工业门类,在该工业门类应用证书有效。各方法工业门类为:

UT:① 焊缝;② 锻件、板、棒、型材;③ 铸件;④ 管材、管道。

RT:① 焊缝;② 铸件。

MT, PT: ① 焊缝;② 锻件、板、棒、型材;③ 铸件。

ET:① 焊缝;② 锻件、板、棒、型材;③ 铸件;④ 管材、管道。

培训费用(含资料):ET 为 3 000 元/期;UT、RT 为 2 500 元/期;MT、PT 为 2 000 元/期。

考试费用:报考一个工业门类 500 元,再增加一个工业门类,加 200 元/门。

学员可通过发 E-mail、传真、写信和打电话等方式报名参加培训并说明参加的培训方法、工业门类和日期。报名每一种方法需各交三张一寸登记照。培训中心还可按企业及用户需要,进行合作培训及现场委托培训,欢迎联系接洽。联系人:季敬元,章韵清,丁杰。

电话:021-65556775-412, 021-55888795;传真:021-55881781; E-mail: mib8888@163.com, dingding_19@163.com。

报到地点:上海市虹口区邯郸路 99 号 1 楼(上海材料研究所内),邮编 200437。

(上海材料研究所机械工业上海无损检测培训中心)

是使用同一台仪器在同时或相继测得的值。

(2) 虽然相对温差与环境条件、负荷大小等因素无关,但这结论成立是有范围的。现场检测仍应尽量在适宜红外测试的条件下进行。当发热点的温度较小时($<10K^{[2]}$),电流、散热条件的微小差别以及太阳辐射的作用等因素造成相对显著的影响,这种情况下得到的相对温差值可能不可靠。

(3) 如果设备三相同时出现过高温,还应按表面温度判断进行分析。

(4) 对于电压致热型设备缺陷,理论上可以证明,其相对温差与介损之间也存在类似的关系。但相对温差判断法不适用于电压致热型设备缺陷的现

场诊断。

参考文献:

- [1] DL/T 596—1996 电力设备预防性试验规程[S].
- [2] DL/T 664—1999 带电设备红外诊断技术应用导则[S].
- [3] 陈衡,侯善敬. 电力设备故障红外诊断[M]. 北京:中国电力出版社,1999:218.
- [4] 胡世征. 电气设备红外故障诊断的相对温差判断法及判断标准[J]. 电网技术,1998(10):47.
- [5] 姜建国. 故障诊断学及其在电工中的应用[M]. 科学出版社,1995:107.