

Standardization of Accurate Infrared Temperature Measurement for Electric Power Equipment and the Establishment and Application of Atlases Database

Jinyang Li¹, Guoxing Liu², Shenglong Xu², Xiufang Yuan², Xingjun Han³, Xiaohua Fu^{4*}

¹Hubei Electric Power Company, State Grid Corporation of China, Wuhan Hubei

²Hubei Electric Power Company Maintenance Company, Wuhan Hubei

³Zhoushan Power Supply Company, Zhejiang Electric Power Corporation, State Grid Corporation of China, Zhoushan Zhejiang

⁴Zhejiang Hannuo Photoelectric Technology Co. Ltd., Jiangshan Zhejiang

Email: irpro@163.com

Received: Dec. 12th, 2015; accepted: Dec. 27th, 2015; published: Dec. 31st, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

One of the very important features of the intelligent grid construction is the transition from scheduling maintenance to condition-based maintenance, which places higher demands on the means and effect of grid equipment monitoring. Therefore, how to improve the skills of precise infrared temperature measuring and the informatization level of test data becomes a very urgent issue. This thesis demonstrates the methods of improving the acquisition quality and analysis efficiency by applying standardization and database of the infrared temperature measurement of power equipment.

Keywords

Smart Power Grid, Infrared Ray, Accurate Temperature Measurement, Database

*通讯作者。

电力设备红外精确测温规范及图谱库的建立与应用

李进扬¹, 刘国兴², 徐声龙², 袁修昉², 韩幸军³, 付小华^{4*}

¹国网湖北省电力公司, 湖北 武汉

²湖北省电力公司检修公司, 湖北 武汉

³国网浙江省电力公司舟山供电公司, 浙江 舟山

⁴浙江汉诺光电科技有限公司, 浙江 江山

Email: irpro@163.com

收稿日期: 2015年12月12日; 录用日期: 2015年12月27日; 发布日期: 2015年12月31日

摘要

智能电网的建设很重要的一个特征是计划检修向状态检修的过渡, 这就对电网设备监测的手段和效果提出了更高的要求。如何提高红外精确测温的技术能力及测试数据的信息化水平就成为了一个非常迫切的课题。本文论证了运用电力设备红外精确测温规范及图谱库来提高红外图谱采集质量、分析效率的方法。

关键词

智能电网, 红外, 精确测温, 数据库

1. 引言

红外热成像是以设备的热状态分布为依据对设备运行状态良好与否进行诊断, 它具有不停运、不接触、远距离、快速、直观地对设备热状态进行成像的优点。由于设备的红外热像图是设备运行状态下热状态及其温度分布的真实描写, 而电力设备在运行状态下的热分布正常与否是判断设备状态良好与否的一个重要特征, 所以红外测温成为电力设备运行状态评价最高效的手段之一。

为了建设一流的智能电网, 国家电网对状态检修提出了更高的要求, 要求定期对运行的设备进行红外精确检测, 并且建立红外图谱数据库。DL/T 664-2008 版的《带电设备红外诊断应用规范》第 7.1 项[变(配)电设备的检测]中对红外检测周期有如下建议:

“建议每年对 330 kV 及以上变压器、套管、避雷器、电容式电压互感器、电流互感器、电缆头等电压致热型设备进行一次精确检测, 做好记录, 必要时将测试数据及图像存入红外数据库, 进行动态管理。有条件的单位可开展 220 kV 及以下设备的精确检测并建立图库。”

本文的研究目的在于通过制定标准化“变电站电气设备红外精确检测现场工作规范”来指导电力设备红外测温工作人员现场操作方法及要求, 提高红外测温获取到测试数据的质量, 并通过红外图谱库的分析比较对潜在的电气设备故障隐患进行分析诊断, 大幅度提升电力设备红外测温诊断能力。

本文的工作主要集中在两方面, 一是变电站电气设备红外精确检测现场工作规范的重要性及内容, 二是电力设备红外测温标准化图谱库需要具有的功能。文中电力设备红外精确测温判断方法及标准、缺

陷类型、测试周期均引用文献 DL/T 664-2008 版的《带电设备红外诊断应用规范》，变电站电气设备红外精确检测现场工作规范的整理方式参考了文献《电网设备带电检测技术》[1] [2]。

2. 电气设备红外测温的现状

现阶段通行的做法是运行单位对所辖电力设备使用红外热像仪进行扫视巡检，现场通过仪器色标调节对电力设备是否有异常或隐患进行判断，发现有异常的设备再进行红外热图的拍摄。检修试验单位再定期对所辖电力设备进行红外精确测温。由于目前并没有红外精确测温现场操作规范，所以大部分还是靠技术人员的经验进行操作，这就造成对于电流致热型设备(如线夹、接头、刀闸等)因为温差较大，比较容易发现，如下图(图 1)。

而对于电压、综合致热型设备(如主变、压变、流变、避雷器、电容器、各种套管等)因为缺陷温差非常小，甚至只有零点几 K，在变电拍摄现场只有通过非常细致的色标调节和观察才能判断这些设备是否有温度异常，发现难度大大增加。

如下图(图 2)：左右两张均为同一张热图，左图为色标未调整，110 kV 避雷器上下半节温差不明显，右图为色标调整后，避雷器上下关节温差明显。

因此，要提高危害性更大的电压、综合致热型设备热缺陷检测能力就要从两方面着手：1) 制定标准化“变电站电气设备红外精确检测现场工作规范”；2) 建立一套红外精确测温图谱库。

3. 变电站电气设备红外精确检测现场工作规范

我们用两组图来看一下制定“变电站电气设备红外精确检测现场工作规范”和建立红外图谱数据库的重要性。

图 3 里面有三张红外图，是同一张红外热图在三种不同状态下的表现。(a)是在红外热成像仪屏幕上没有做色标调节状态下的图像显示，从画面看设备上下半节之间并没有明显的温度差异；(b)是色标调节后的红外热图，容易观察出设备上下半节本体部位的温度差异，但要知道具体温度差值和缺陷等级仍需要精确分析；(c)是在分析软件上加上数据分析框及温度值，这时可以明确的读出设备上下半节具体的温度值分别为 15.29℃、16.92℃及温差值为 1.63 K。但这时候也不能轻易下设备是否缺陷的结论，很多设备不同厂家、型号、批次都会存在一些不同的发热特征，并不一定都是设备缺陷。

第二组图(图 4)是同一个设备间隔下面同类型设备三相的红外热图比较，一般同间隔同类型设备都是同厂家、同型号的设备，所以对比具有非常好的参考性，这其实就是 DL/T 664-2008 版的《带电设备红外诊断应用规范》红外诊断判断方法中的同类比较判断法，是电压、综合致热型热缺陷主要判断方法。

不难看出，通过同一间隔同类型设备三相之间的数据比对，较容易就可以确定设备是否存在热缺陷隐患，大大提高微小温差的电压、综合致热型缺陷检出率。但红外精确测温过程中仪器参数、测温距离、测温角度的不一致会增加温差数据的偏差，为减小因为现场操作不合格引起的温差影响判断结果，就需要制定“变电站电气设备红外精确检测现场工作规范”。

“变电站电气设备红外精确检测现场工作规范”除了介绍了 DL/T 664-2008 版的《带电设备红外诊断应用规范》中关于红外精确测温仪器、测试条件等内容外，还着重梳理了主要电压、综合致热型变电站电气设备的三方面内容。

3.1. 第一部分常见故障类型及发热原因

通过对国网公司前几年上千个测温案例的分析总结，找出每种设备类型容易出现热缺陷的部位和类型，方便测温人员分析，并附有缺陷示例图片。

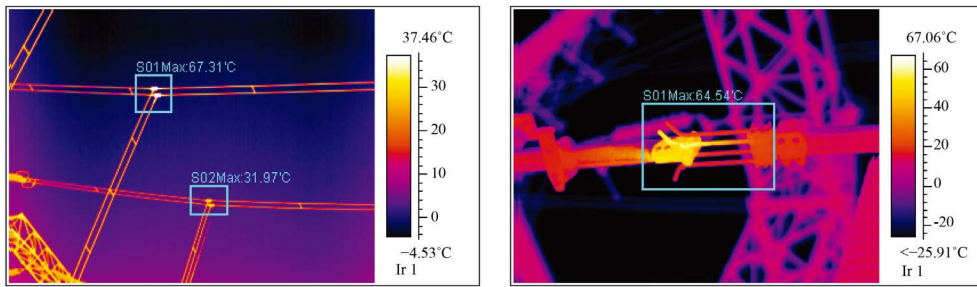
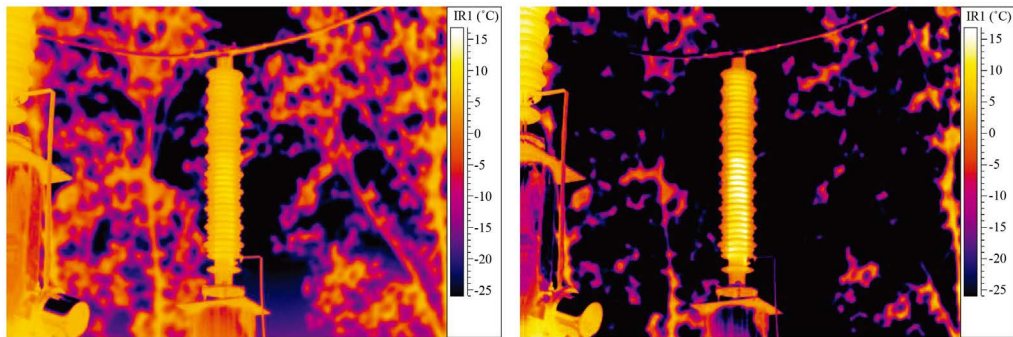


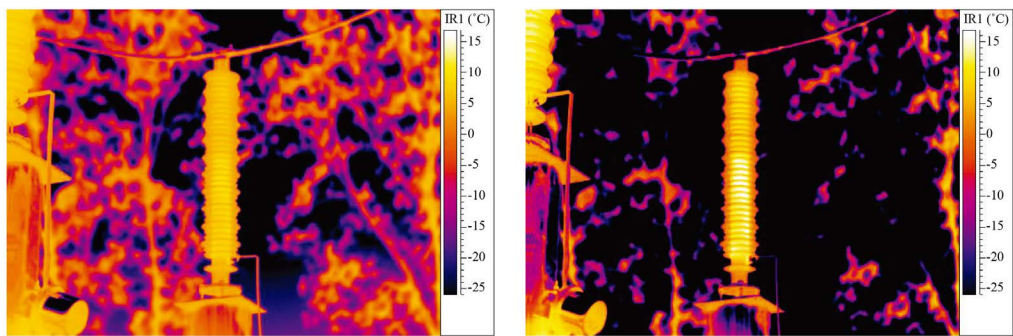
Figure 1. Thermal defect infrared image of current-heated electric equipments
图 1. 电流致热型热缺陷红外图



(a) 未经色标调节的红外热像图

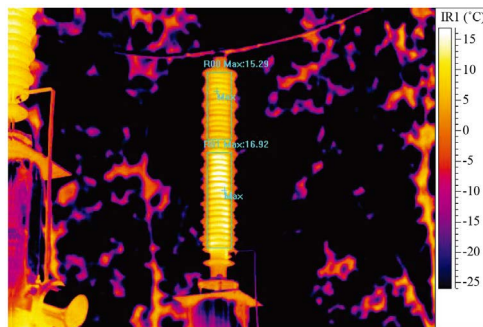
(b) 经过色标调节的红外热像图

Figure 2. Thermal defect infrared image of voltage-heated and integrate-heated electric equipments
图 2. 电压、综合致热型热缺陷红外图



(a) 未经色标调节避雷器红外热图

(b) 经色标调节避雷器红外热图



(c) 经框最高温度分析避雷器红外热图

Figure 3. The different representations of the same infrared image on three states
图 3. 同一张红外热图在三种不同状态下的表现

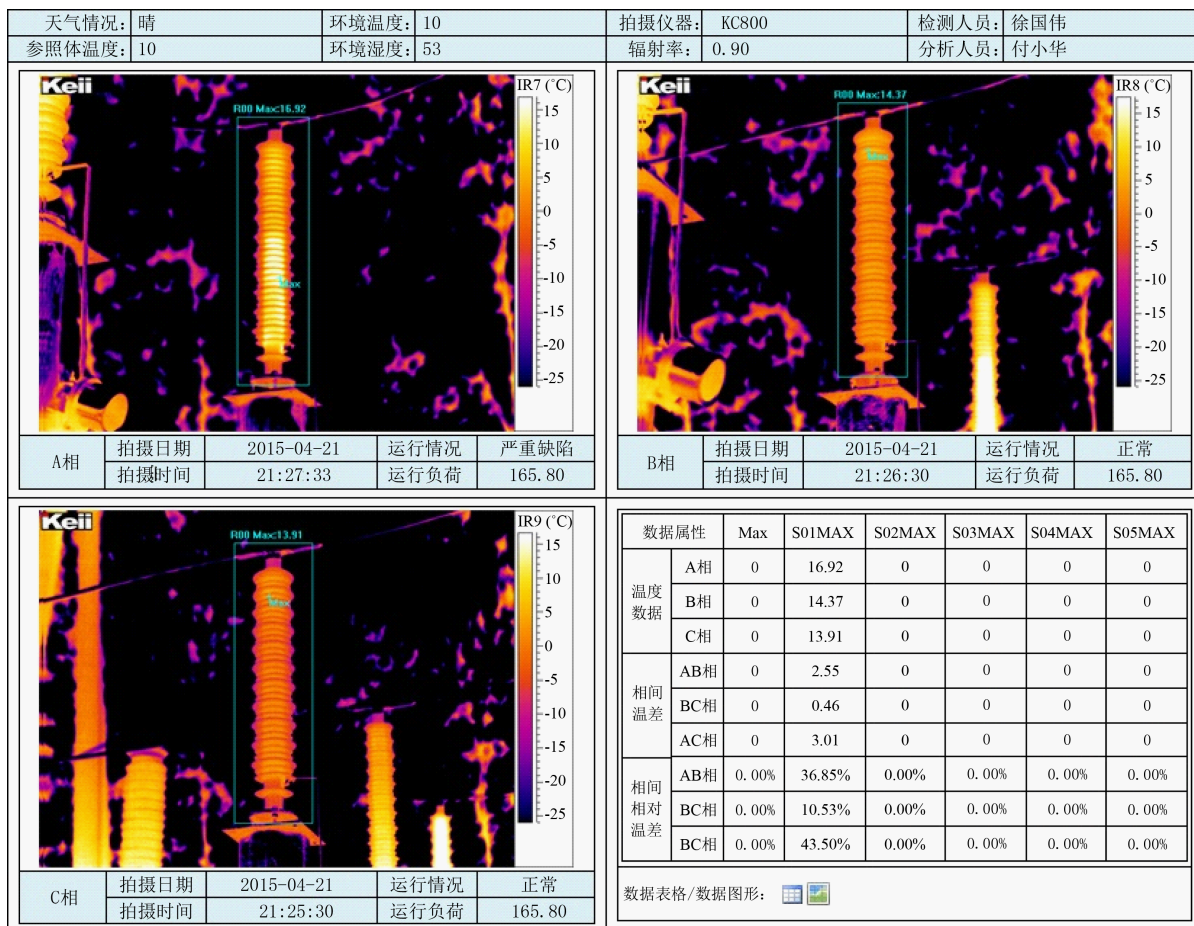


Figure 4. Analysis of three-phase congeners with law of comparative judgment for the same interval and type equipments
图 4. 同间隔同类型设备三相同类比较判断法分析

3.2. 第二部分检测与诊断方法

对容易出现热缺陷的部位进行现场预分析，明确检测部位与热异常类型，使精确测温过程中不容易产生漏测。

3.3. 第三部分拍摄注意事项

每种设备拍摄部位、方法、技巧及注意事项，三相之间尽量做到一致使精确测温的数据分析更加科学严谨。

如“变电站电气设备红外精确检测现场工作规范”中关于电流互感器设备检测的内容是：

常见故障类型及发热原因有：

- 1) 外部导电接头接触不良引起的发热；
- 2) 内部接头接触不良引起的发热；
- 3) 内部介质损耗引起的瓷套整体温度偏大；
- 4) 复合外绝缘电流互感器黏接不良、受潮引起的局部过热；
- 5) 缺油引起的温度异常；
- 6) 末屏接地不良引起的末屏温度过高；

7) 涡流损耗引起的附件发热。

检测与诊断方法:

- 1) 观察电流互感器进出线接头、变比接头、内连接部位三相比较有无明显温度差异;
- 2) 观察电流互感器瓷套本体相同部位, 三相横向比较, 单台设备从上到下应温度分布均匀, 无局部发热, 如温度有 2 K 的偏差, 可判定为严重及以上缺陷;
- 3) 电流互感器瓷套本体有明显温度分层界面且三相温度有差异, 应检查是否缺油;
- 4) 观察电流互感器末屏有无明显温度异常;
- 5) 储油柜(颈部)发热可判断为内接点发热缺陷;
- 6) 观察附件部位是否有明显温度异常。

拍摄注意事项:

- 1) 聚焦到位, 电流互感器刚好充满画面, 四周留有适当空间;
- 2) 拍摄电流互感器红外图像应包括引线接头、储油柜、金属膨胀器、瓷套、底部油箱, 尽量选择能观察到末屏、接地线及二次出线的位置进行拍摄;
- 3) 每台电流互感器要站在同一距离单独拍摄, 各保存一张图片。

在红外精确检测现场实施过程中, 通过工作规范进行现场分析诊断, 获取高质量红外热图进行分析对比将有效提高红外检测水平。

4. 电力设备红外精确测温图谱库

“变电站电气设备红外精确检测现场工作规范”能够提高红外热图的拍摄质量, 但红外热图只有在录入数据库, 标示出设备的名称、所属间隔、测试负荷等信息, 然后对设备可能产生电压、综合致热型缺陷部位进行温度标示, 设备各部位温差及相间温差一目了然, 才能实现红外图谱的精确分析并进行有效管理。

良好的信息化数据库绝不应该只是数据的堆砌和存放, 红外图谱数据库更是应该结合生产实际进行数据间纵向和横向的分析比对, 因此必须具备以下这些要素。

4.1. 灵活的分析方法

红外精确测温图谱数据库在对用户指定相设备图谱数据进行显示时, 会自动调出该间隔另两相同类设备进行同类比较判断法、相间温差判断法的三相温差比对, 这在电压、综合类缺陷管理中相当重要, 因为这类缺陷最主要的判断依据就是设备各部位温差和相间温差。同时对于有异常和隐患的设备还可添加对应设备的可见光和紫外光图片。

同一设备也可调出所有历史测试数据进行档案分析判断法诊断, 并能比对历次测温数据作为缺陷诊断的参考。

4.2. 对应可见光采集

红外精确检测作为状态检修最主要的手段要取得更良好的效果, 电压、综合致热型设备进行红外图谱建档必须要保证采集数据的一致性、可阅读性, 因此所有电压、综合致热型设备红外精确检测时对应相同角度、距离、位置的可见光数据采集和录入图谱数据库就显得非常有必要。

好处有以下三点:

- 1) 便于工作人员巡检时找到对应的拍摄位置进行数据比对;
- 2) 便于工作人员找出温度异常对应的部位;
- 3) 便于领导查看报告时的阅读。

4.3. 索引查询功能

首先, 红外精确测温图谱数据库必须能对红外图谱进行按地域、所属单位、电压等级等相关信息的树状结构图进行归档, 使设备红外图谱的查询变得非常快捷。

其次, 除了可以根据所属的地域、管理单位、电压等级等相关信息对红外图谱进行查询外, 还可以根据红外图谱的拍摄时间、设备类型、缺陷内容等相关信息进行快速查询。

第三方面, 红外精确测温图谱数据库根据电力设备的缺陷等级对设备红外图谱可以进行分类管理。让用户可以对自己关注的缺陷等级快速显示, 对于区域内缺陷隐患统计查找也是极其快速的。

4.4. 全面信息显示

红外精确测温图谱数据库在数据查询过程中由于所有红外图谱都有相互之间的数据关连, 所以可以做到快速分门别类查询, 同时所显示的数据条目可以让用户对设备的负荷、测试日期、测试时间、测试人员、天气情况等信息及状态一目了然。

4.5. 自动生成分析报告

报告完全自动生成, 省去每个设备图片做报告、分析的大量工作, 在导入数据库过程中进行数据分析, 并导入完成后, 可自动生成分析报告。红外精确测温图谱数据库由于集合了所有的设备信息和资料, 生成的测试报告详细清楚!

4.6. 数据库实现局本部局域网数据共享

红外精确测温图谱数据库实现设备基本信息和设备运行状态信息的高度共享。以往由于红外检测图谱数据只有拍摄人员掌握, 红外缺陷的分析和判定都是由红外拍摄人员来完成, 对分析人员的红外应用经验及设备结构知识要求都非常高。将红外检测数据录入图谱数据库是对设备信息、红外检测数据的有机结合和高度共享, 使设备热缺陷和隐患的异地诊断、专家会诊成为可能, 大大提高设备诊断准确性和处理及时性。

5. 结语

通过标准化“变电站电气设备红外精确检测现场工作规范”来提高红外精确测温现场分析诊断能力, 并获得拍摄方法统一的高质量测温热图数据, 在录入红外精确测温图谱数据库之后对可能产生热缺陷的部位进行同间隔同类型设备三相之间的温度数据比较, 能极大提高对温差微小电压、综合致热型热缺陷的检测能力, 并对红外测温数据做到有效归类整理、分析, 使红外精确测温工作形成了一个闭环, 并提高热缺陷检出率, 保障设备安全运行和电网可靠供电。

参考文献 (References)

- [1] 周建国, 等. DL/T 664-2008 版的《带电设备红外诊断应用规范》[M]. 北京: 中国电力企业联合会, 中国电力出版社, 2008.
- [2] 国家电网公司运维检修部, 编. 国家电网公司电网设备状态检修丛书《电网设备带电检测技术》[M]. 北京: 中国电力出版社, 2014.