

基于红外传感的 GIS 隔离开关触头温度在线监测技术研究

丛浩熹^{1,2}, 李庆民^{2,3}, 齐波^{2,3}, 李成榕^{2,3}, 刘有为⁴, 肖燕⁴

(1. 山东大学 电气工程学院 山东省特高压输电技术与气体放电重点实验室, 山东 济南 250061;

2. 华北电力大学 新能源电力系统国家重点实验室, 北京 102206;

3. 华北电力大学 高电压与电磁兼容北京市重点实验室, 北京 102206;

4. 中国电力科学研究院, 北京 100192)

摘要: 为实现对触头温度的在线监测, 针对 GIS 设备隔离开关的结构特点, 提出了一种基于红外(IR)传感的适用于 GIS 设备触头温度在线监测的方法。因为金属导体表面发射率低, 所以在金属导体触头表面涂敷高辐射涂料。针对 SF₆ 气体吸收红外光的影响, 提出通过调节红外温度传感器的发射率来补偿 SF₆ 气体的吸收效应。建立了 GIS 试验平台, 研究了 SF₆ 气体体积分数、红外滤光片和环境温度对红外测温的影响。实验结果表明, SF₆ 气体体积分数的升高会导致红外温度传感器读数的下降, 需要调低传感器的发射率进行补偿。最后根据所提方法设计了 GIS 设备触头温度在线监测系统。

关键词: GIS; 红外传感; 开关; 触头; 温度; 监测

中图分类号: TM 56; TN 219

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2014.03.024

0 引言

随着我国电力工业的大力发展和需求量的不断增长, 气体绝缘金属封闭开关(GIS)被广泛应用于电力系统中^[1-2]。GIS 设备加工工艺严格、技术先进, 且绝缘介质为 SF₆ 气体, 因而具有良好的开断能力且触头烧伤轻微, 具有检修周期长、故障率低、维护费用少、占地面积小等优点。正是由于 GIS 设备的这些突出优点, 其在变电站中的应用日益广泛。当 GIS 设备触头接触不良时, 由于接触电阻变大, 在负载电流流过时会产生过热现象。触头、母线过热会引起绝缘老化甚至击穿, 从而引发短路, 形成重大事故, 造成巨大的经济损失^[3-4]。据不完全统计, 国内的众多发电公司、电力公司所采用的 GIS 设备均不同程度地出现过封闭母线、隔离开关、电缆头等部件由于绝缘老化或接触不良, 造成温度异常变化, 从而引发事故的现象^[5]。因此, 实现对 GIS 设备的在线温度监测, 提前发现并消除热故障隐患, 对 GIS 的安全可靠运行具有非常重要的意义。

目前, 在现场中应用的预防 GIS 设备触头过热的措施主要有 3 种: 人工观察触头表面颜色^[6]、定期测量回路电阻和使用红外成像仪^[7-8]对固定监测点定期进行温度监测。这些方法均存在着一定不足: 前 2 种措施需要 GIS 设备停电检修, 第 3 种措施中红外成像技术的分辨率和精度都难以达到要求, 而

且这 3 种监测方法均难以实现对 GIS 设备温度的持续测量, 即不能实现在线监测。而目前在开关柜触头测温中应用较为广泛的光纤光栅在线测温方法^[9-11], 由于 GIS 结构的特殊性还未在 GIS 设备触头温度检测中得到广泛应用。红外在线测温方法^[12-13]不与被测物体直接接触, 不会扰动和破坏被测物体的温度场和热平衡, 也解决了高压隔离和测量部分的高温问题, 更重要的是能够实现连续自动测量 GIS 设备触头的温度并及时进行温度越限预警, 具有广泛的应用前景。本文针对 GIS 设备结构的特点, 提出了一种基于红外传感的适用于 GIS 设备触头温度在线监测的方法, 并对影响红外测温精度的因素进行了实验研究。该方法具有较强的实用性, 对提高电气设备运行可靠性和电力系统运行可靠性都具有重要的意义。

1 GIS 设备红外在线温度监测特点

红外测温是一种非接触式的测量方法, 通过接收被测物体的辐射来确定被测物体的温度。在自然界中, 一切温度高于绝对零度的物体都在不断地向周围空间辐射红外辐射能量。物体红外辐射能量的大小及其按波长的分布与它的表面温度有着十分密切的关系。因而, 通过测量物体自身辐射红外能量的大小便能准确地测定它的表面温度, 这就是红外测温所依据的客观基础。黑体的发射率等于 1, 实际物体的发射率都小于 1, 只有调整红外温度传感器的发射率与被测物体的发射率一致, 测量的导体温度值才是准确的。

图 1 为 GIS 设备隔离开关红外温度在线监测装置示意图, 包括 GIS 设备外壳、密封盖板和红外温度传感器等。金属壳体为圆形开孔并向外凸起, 保证

收稿日期: 2013-05-02; 修回日期: 2014-01-16

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2011AA-05A121); 国家自然科学基金资助项目(51277061)

Project supported by the National High Technology Research and Development Program of China(863 Program)(2011AA05A-121) and the National Natural Science Foundation of China(51277061)

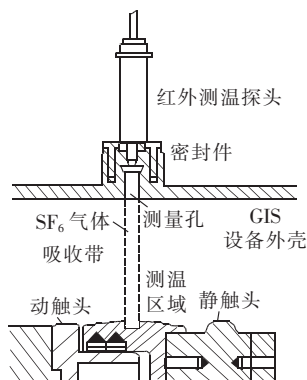


图 1 在线温度监测装置示意图

Fig.1 Schematic diagram of online temperature monitoring device

了金属导体与探头之间的安全距离;密封盖板与金属壳体的结合处为由橡胶圈、密封胶和螺丝组成的良好密封系统。

目前影响 GIS 设备红外测温精度的因素主要有以下 3 个。

a. 金属导体表面发射率。GIS 设备内部为了提高绝缘性能,减少沿面放电和局部放电,内部导体多为抛光的金属。然而金属的发射率是很低的,特别是抛光的金属(铝、铜)发射率约为 0.05,要测量金属导体的温度就必须提高被测点的发射率。

b. SF₆ 气体吸收带。GIS 设备内部充满 SF₆ 气体,从图 1 可以看出,内部导体辐射的红外光要经过 SF₆ 气体吸收带才能到达红外温度传感器。然而 SF₆ 气体是一种温室气体,对红外光有着强烈的吸收和辐射能力,应尽量减少 SF₆ 气体的红外辐射和吸收,以提高测量的准确性和精度。

c. 红外温度传感器的参数要求。GIS 设备内部处于高电压、强电场、强磁场的环境下,所使用的传感器要具有合适的测温范围、温度分辨率、距离系数、精度、响应时间、长期稳定性和对环境温度的要求。

2 金属导体表面发射率对红外测温的影响

由第 1 节可知,要测量金属导体的温度就必须提高被测点的发射率,这给测温工作带来了极大的困难,也是从事在线监测的专业人员难以进行 GIS 设备内部导体红外测温的原因^[14]。文献[14]提出了一种在触座上开圆孔槽,在槽底嵌入 SF₆ 环境下具有高稳定化学性质且辐射率高的物质的方法。虽然这种方法将不受金属铝的限制,可以将对铝导体的红外测温转化为对普通材料温度的红外测量,但会给 GIS 设备的加工和组装带来一定的困难,而且 2 种材料的温度传递过程可能会导致嵌入物质不能及时反映触头温度变化情况。

本文提出了一种在金属导体触头表面涂敷高辐

射涂料的方法,将对金属导体的红外测温转化为对导体表面涂料温度的红外测温,其有以下几点优势。

a. 通常情况下,金属及其他非透明材料的辐射发生在表面几微米内,发射率是表面状态的函数,而与尺寸无关。因此,涂敷或刷漆的表面发射率是涂层本身的特性,而不是基层表面的特性。

b. 在 GIS 设备正常运行过程中,通常内部导体连接部位在额定电流作用下的温度为 100℃ 左右,由于被测物体测量温度范围较小(特别是非金属物体的发射率随温度的变化很小),在实验中可近似认为被测物体表面的发射率不变。

c. 在 GIS 设备正常运行时,开关电流短时间内一般不会出现剧烈波动,涂敷材料与导体触头处于热平衡状态,两者温度相同。

d. 简单经济,便于加工,而且涂料与金属紧密结合,能够更好地与金属导体达到热平衡,从而更灵敏地反映金属的温度变化。

e. 涂敷的涂料为非金属,不会产生沿面放电、局部放电等现象,具有广泛的应用前景。

本实验中表面涂敷 HS-2-1 低温红外辐射涂料(图 2),该涂料性能优良,红外线法向全发射率达到 0.86,且发射率不随温度的变化而改变。将被涂的底材清除油污,进行喷砂处理后再进行喷涂。施工以喷涂为宜,亦可手工刷涂。涂敷厚度为 70~100 μm,涂敷区域直径根据下式确定:

$$\text{测温区域最小直径} = \frac{\text{红外探头到测温区域的距离}}{\text{距离系数}}$$

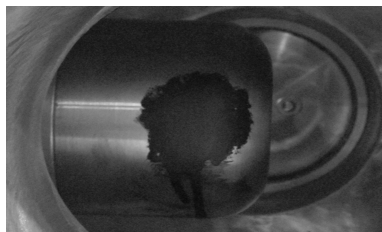


图 2 导体表面涂敷红外辐射涂料

Fig.2 Conductor surface coated with infrared radiation paint

本实验中采用的红外温度传感器的距离系数是 15:1,红外温度传感器探头到测温区域的距离是 30 cm,则测温区域的直径最少应为 2 cm。当涂敷区域直径小于测温区域最小直径时,背景辐射能量就会进入温度传感器干扰测温读数,造成误差。为保证足够的测量精度,在实际测温时,以被测目标尺寸超过测温区域最小直径的 50% 为宜。

3 SF₆ 气体对发射率的影响

GIS 设备内部从被测物体到传感器之间存在着 SF₆ 气体吸收带,红外光在 SF₆ 气体中传播时会因为

气体分子对辐射的吸收、散射而衰减^[15]。SF₆气体对中心波长为 10.55 μm 的红外波段具有非常强的吸收和辐射特性^[16],而对其他波段的红外光吸收较小。由于 SF₆气体自身固有的辐射特性,所以选择的红外温度传感器应尽量避免对应的吸收带,优先选用的工作波段为 6~10 μm。然而经市场调研发现,目前主流的测量低温范围的红外温度传感器工作波段为 8~14 μm,且现有工作波段在 6~10 μm 的红外传感器报价特别高,不利于测温方法的推广应用。

鉴于可调发射率的红外温度传感器在有烟尘及浓雾等条件下的应用,笔者对通过调节红外温度传感器的发射率来补偿 SF₆气体的吸收效应进行了实验研究。在红外测温过程中,只有红外温度传感器的发射率与被测物体的发射率一致时才能显示正确的温度示数。由于 SF₆气体的吸收效应,红外温度传感器接收的红外光要小于被测物体发出的红外光,因此其读数小于实际温度值,此时只有调低红外发射率才能得到正确的温度读数。

SF₆气体对红外光的吸收效应与 SF₆气体的体积分数和温度有关。SF₆气体封闭在 GIS 设备内部,尽管不同地域、不同季节外界的环境温度变化可能较大,但设备正常运行时 SF₆气体的温度变化不大,可近似认为 SF₆气体温度变化对红外光的吸收没有影响,因此影响红外测温精度的因素主要是 SF₆气体的体积分数。

本文对不同体积分数 SF₆气体对发射率的影响以及发射率校准的可行性进行了研究。实验平台包括大电流发生器、GIS 隔离开关实验模型、红外温度传感器、热电偶等。其中,红外温度传感器为可调发射率的 HE-155A 型红外温度传感器,导体表面涂敷 HS-2-1 低温红外辐射涂料,热电偶埋入隔离开关的触头处作为温度标准值。

3.1 不同 SF₆气体体积分数对发射率的影响

保持大电流发生器的输出电流值不变即保持导体的温度不变,改变 SF₆气体的体积分数,观察红外温度传感器的示数变化,然后调整发射率直到红外温度传感器的读数与标准值(热电偶温度的读数)一致,记下此时的发射率见表 1。由于气体压强越大,气体体积分数越大,所以表 1 中用气体压强表征气体体积分数,后同。红外温度传感器的初始发射率设为 0.86,与涂料的辐射率一致。

表 1 SF₆气体体积分数对发射率的影响

Tab.1 Influence of SF₆ concentration on emissivity

SF ₆ 气体压强/MPa	传感器读数/℃	修正后的发射率
0	49.0	0.86
0.1	37.5	0.59
0.2	24.3	0.42
0.3	12.0	0.25
0.4	6.0	0.15

通过结果可以看出,随着 SF₆气体体积分数的升高,红外温度传感器的读数下降,这是由于 SF₆气体体积分数的升高导致对红外光的吸收增加所致。此时只有调低红外传感器的发射率作为补偿,才能得到正确的温度值。

3.2 加装红外滤光片对发射率的影响

GIS 内部长期处于高温、强电场环境中,在短路时开断电流产生的高温电弧可能会损伤红外温度传感器的探头,因此在工程中在探头前装设红外滤光片来加以保护。然而,红外滤光片不能够完全地通透红外光,其会对红外温度传感器的读数产生影响。加装红外滤光片后,保持大电流发生器的输出电流值不变即保持导体的温度不变,改变 SF₆气体的体积分数,观察红外温度传感器的读数变化,然后调节传感器的发射率直到传感器的读数与标准值(热电偶温度的读数)一致,记下此时传感器的发射率,结果见表 2。

表 2 加装红外滤光片后不同 SF₆气体体积分数对发射率的影响

Tab.2 Influence of SF₆ concentration on emissivity of IR sensor with IR filter

SF ₆ 气体压强/MPa	传感器读数/℃	修正后的发射率
0	36.2	0.86
0.1	32.0	0.65
0.2	30.1	0.62
0.3	29.0	0.58
0.4	28.1	0.55

调节大电流发生器的输出电流值即改变导体的温度,待导体温度恒定后,改变 SF₆气体的体积分数,观察红外温度传感器的读数变化,然后调节传感器发射率直到红外温度传感器的读数与标准值(热电偶温度的读数)一致,记录此时的发射率,实验结果见表 3,表中 I₀为输出电流。

表 3 不同导体温度对发射率的影响

Tab.3 Influence of conductor temperature on emissivity

SF ₆ 气体压强/MPa	修正后的发射率		
	I ₀ =0.5 kA	I ₀ =1.0 kA	I ₀ =1.5 kA
0	0.86	0.86	0.86
0.1	0.65	0.66	0.66
0.2	0.62	0.62	0.62
0.3	0.58	0.57	0.57
0.4	0.55	0.56	0.55

通过表 2 可以看出,加装红外滤光片后,随着 SF₆气体体积分数的升高,红外温度传感器的读数下降,这是由于 SF₆气体体积分数的升高导致对红外光的吸收增加所致。此时调低红外传感器的发射率作为补偿,仍然能够得到正确的温度值。通过表 3 可以看出,加装红外滤光片后,不同温度下红外温度传感器的发射率基本不变。这是由于被测物体为

红外辐射涂料,其发射率在不同温度下的发射率恒定;同时,体积分数一定的 SF₆ 气体对红外光的吸收和辐射特性一定,所以,不同导体温度下红外温度传感器的发射率基本保持不变。从上述实验结果可看出,加装滤光片后,只要 SF₆ 气体的体积分数一定,则红外温度传感器的发射率基本恒定,这说明了通过发射率校准来补偿 SF₆ 气体吸收效应的可行性,相关发射率的实验数据可为红外温度传感器的工程应用提供参考依据。

3.3 外界环境温度变化对红外测温的影响

保持大电流发生器输出电流值和 SF₆ 气体的体积分数不变,对 GIS 外壳局部加热 40 min,记录红外温度传感器读数变化情况见表 4。

表 4 外界环境温度变化对红外测温的影响
Tab.4 Influence of environmental temperature on IR sensing

试验时间/min	传感器读数/℃	试验时间/min	传感器读数/℃
0	56.0	30	56.1
10	56.1	40	56.1
20	56.0		

从表 4 可以看出,外界环境温度的局部变化(如现场中光照、局部温度升高),对于红外温度传感器的测量基本没有影响。

4 GIS 设备触头在线温度监测系统的设计

基于红外原理的 GIS 设备触头温度在线监测系统主要包括可调发射率的红外温度传感器、红外温度传感器前端装设的红外滤光片、被测金属导体表面涂敷的红外辐射涂料和温度信号处理电路。整个温度监测系统分为硬件系统和软件系统;硬件系统包括红外温度传感器、数据采集和发射模块、信号中继点、数据管理平台;软件系统包括温度数据采集程序、无线通信程序、数据管理平台温度管理程序。红外温度传感器分别装在隔离开关、断路器和母线的触头处,采集的数据经过无线发射装置被中心节点中继后,通过 GPRS 网络传输到数据管理平台。

图 3 给出的是触头处红外温度传感器的结构示意图。导体触头上的黑色部分为涂敷的红外辐射涂料,可以提高被测金属导体的发射率,同时涂敷的范

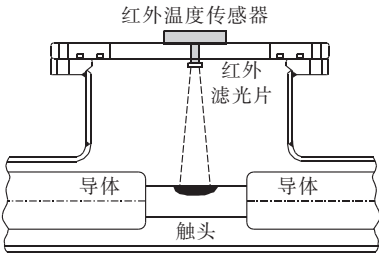


图 3 红外温度传感器的安装图
Fig.3 Installation of IR temperature sensor

围要满足红外温度传感器距离系数参数的要求。在红外传感器探头的前端装有红外滤光片,能够过滤干扰波段,而且能够承受断路器开断短时高温电弧的冲击,保护红外温度传感器的探头。红外传感器上集成有无线发射模块,采集的温度信号可以通过无线网络传输到控制台。从图中可以看出,红外测温方法不与被测物体直接接触,能够不扰动和破坏被测物体的温度场和热平衡,也解决了高压隔离和测量部分的高温问题,相对传统的测温方法具有明显的优势。

图 4 为 GIS 设备触头温度在线监测系统图。断路器、母线、隔离开关等触头处测量的温度数据经过无线信号中心节点中继,通过无线网络传输到控制台(数据管理平台),这样在控制台侧就可以实时观察到触头温度的变化情况,能够实现连续自动测量 GIS 设备触头的温度并及时进行温度越限预警。

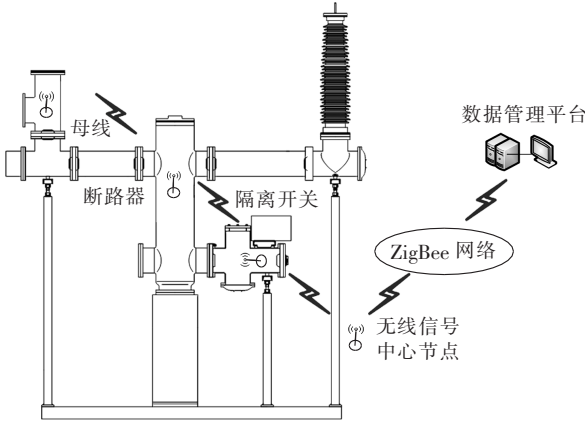


图 4 GIS 设备触头温度在线监测系统图
Fig.4 Online GIS contacts temperature monitoring system

红外温度传感器采用可调发射率的 HE-155A 型传感器,无线通信网络选择具有抗干扰能力强、通信距离远、延迟短等优势 ZigBee 网络。红外传感器实现高电压、强磁场的隔离,而且不破坏 GIS 设备内部温度场。采集的温度数据通过无线传输方式可以不受距离限制、无需现场布线。集成的红外温度在线监测系统结构简单,成本较低,安装方便,抗干扰能力强,且具有较高的运行稳定性和可靠性,应用前景广阔。

图 5 给出了大电流发生器的输出电流为 1 kA 时

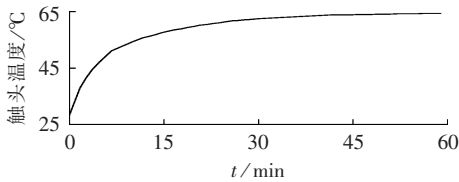


图 5 隔离开关触头温度变化图
Fig.5 Temperature variation of disconnecting switch contacts

连续监测隔离开关触头温度的结果。从图中可以看出,触头温度不断升高,经过 40 min 基本保持稳定。经过反复测试和优化设计,整个红外测温系统的测量精度为 1℃,重复精度为 0.5℃。

5 结论

为了实现 GIS 设备触头温度的在线监测,本文提出了一种基于红外原理的适用于 GIS 设备触头温度在线监测的方法,并对影响红外测温精度的因素进行了研究。

a. 通过对 SF₆ 气体下红外温度传感器的实验研究,得到了温度传感器发射率的变化规律,为 GIS 设备红外温度传感器的实际应用可行性奠定了基础,也为 GIS 设备红外温度传感器的参数选择提供了依据。

b. 外界环境温度的改变对于红外测温基本没有影响。将红外温度传感器安装于现场,当环境温度改变或光照等因素导致 GIS 设备局部温度改变时,红外温度传感器仍能保持良好的稳定性。

c. 提出了一种基于红外原理的 GIS 设备触头温度在线监测系统,该系统结构简单,成本较低,安装方便,抗干扰能力强,且具有较高的运行稳定性和可靠性。

所提方法不与被测物体直接接触,能够不扰动和破坏被测物体的温度场和热平衡,也解决了高压隔离和测量部分的高温问题,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] BOLIN P H K. Gas insulated switchgear GIS—state of the art [C]//IEEE Power Engineering Society General Meeting. Tampa, FL, USA; IEEE, 2007: 1-3.
- [2] 杜凤青, 盛戈峰, 徐剑, 等. 基于 IEC61850 的 GIS 智能监测信息建模及信息交互系统设计[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(6): 163-167.
DU Fengqing, SHENG Gehao, XU Jian, et al. Information modeling for GIS smart monitoring based on IEC61850 and development of information interaction system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(6): 163-167.
- [3] WU Meiyang, DAI Miaolin, FU Xiaofeng, et al. The study on a seismic test of high-voltage electrical switch cabinet[C]//Power and Energy Engineering Conference. [S.l.]: IEEE, 2009: 1-6.
- [4] YAO Liangzhong, LI Naihu, KOU Hao, et al. Reliability tests of a wireless system of monitoring and controlling for high voltage switch cabinets[C]//2010 International Conference on Power System Technology. Hangzhou, China; IEEE, 2010: 1-5.
- [5] 魏翔. 气体绝缘金属封闭开关柜在线测温系统设计[J]. 电工电气, 2010(1): 51-54.
WEI Xiang. Design of online temperature measuring system for gas-insulated metal-closed switchgear[J]. Electrotechnics Electric, 2010(1): 51-54.
- [6] 程少勇, 刘志远, 李新华, 等. 基于面积效应的真空灭弧室触头间隙击穿特性研究[J]. 高压电器, 2007, 43(3): 161-164.
CHENG Shaoyong, LIU Zhiyuan, LI Xinhua, et al. Investigation on breakdown characteristics in contact gap for vacuum interrupters on area effect[J]. High Voltage Apparatus, 2007, 43(3): 161-164.
- [7] 师晓岩, 查玮, 孙福, 等. UHV GIS 内部温度场的红外热诊断技术[J]. 高电压技术, 2007, 33(6): 16-20.
SHI Xiaoyan, ZHA Wei, SUN Fu, et al. Inner temperature distribution of UHV GIS using infrared thermo-diagnosis technology [J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(6): 16-20.
- [8] 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: 216-218.
- [9] 吴晓文, 舒乃秋, 刘洪涛, 等. 基于光纤光栅的气体绝缘开关母线温度在线监测系统[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(4): 155-160.
WU Xiaowen, SHU Naiqiu, LIU Hongtao, et al. Online temperature monitoring system based on FBG for GIS bus[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(4): 155-160.
- [10] 时斌. 光纤传感器在高压设备在线测温系统中的应用[J]. 高电压技术, 2007, 33(8): 169-174.
SHI Bin. HV switchgear temperature on-line monitoring system with distributed optical fiber sensor[J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(8): 169-174.
- [11] 孙晓雅, 李永倩, 李天, 等. 基于光纤光栅的开关柜温度在线监测系统的设计[J]. 电力系统通信, 33(235): 6-10.
SUN Xiaoya, LI Yongqian, LI Tian, et al. Design of the switchgear temperature on-line monitoring system based on optical fiber grating[J]. Telecommunications for Electric Power System, 33(235): 6-10.
- [12] 杨俊彦, 沈飞. 凝视红外成像系统温度变化对其性能的影响[J]. 红外与激光工程, 2008, 37(增刊): 487-489.
YANG Junyan, SHEN Fei. Influence on the performance of staring infrared imaging system due to its temperature variation [J]. Infrared and Laser Engineering, 2008, 37(Supplement): 487-489.
- [13] 张良胜, 张杰. 红外在线监测系统在封闭开关柜中的应用[J]. 电网技术, 2008, 32(1): 150-153.
ZHANG Liangsheng, ZHANG Jie. Application of switch tank temperature online monitor system based on infrared[J]. Power System Technology, 2008, 32(1): 150-153.
- [14] 武胜斌, 郑研, 陈志彬. 基于红外测温技术的 GIS 导体温度在线监测的方案[J]. 高压电器, 2009, 45(4): 100-102.
WU Shengbin, ZHENG Yan, CHEN Zhibin. An on-line monitoring scheme of conductor temperature in GIS based on infrared temperature measurement [J]. High Voltage Apparatus, 2009, 45(4): 100-102.
- [15] 廖国男. 大气辐射导论[M]. 2 版. 北京: 北京气象出版社, 2004: 199-203.
- [16] 王东方, 魏庆农, 刘世胜, 等. 高压变电站室内 SF₆ 浓度的红外激光吸收检测方法研究[J]. 大气与环境光学学报, 2008, 3(2): 139-141.
WANG Dongfang, WEI Qingnong, LIU Shisheng, et al. Method of detecting concentration of SF₆ in GIS by absorption of infrared laser[J]. Journal of Atmospheric and Environmental Optics, 2008, 3(2): 139-141.

harmonic in high-speed railway traction power supply system and its transmission characteristic [J]. Proceedings of the CSEE, 2011, 31(16):55-62.

- [18] 赵阳,董颖华,陆兢泉,等. EMI噪声分离网络在电力线噪声分析中的应用[J]. 中国电机工程学报,2010,30(21):114-120.

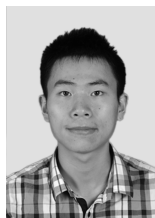
ZHAO Yang, DONG Yinghua, LU Xiaoquan, et al. EMI noise discrimination network applied to power-line EMI noise analysis [J]. Proceedings of the CSEE, 2010, 30(21):114-120.

- [19] 吴命利. 牵引供电系统电气参数与数学模型研究[D]. 北京:北京交通大学,2006.

WU Mingli. Research on electrical parameters and mathematical models of traction power supply system[D]. Beijing:Beijing Jiaotong University, 2006.

- [20] 赵博. Ansoft 12在工程电磁场中的应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010.

作者简介:



钱澄浩

钱澄浩(1987-),男,四川成都人,硕士研究生,研究方向为牵引供电系统线路参数计算及故障定位(E-mail:a1skiptomylou@163.com);

何正友(1970-),男,四川自贡人,教授,博士研究生导师,研究方向为信号处理和信息技术在电力系统故障分析中的应用、新型继电保护原理、配网综合自动化等;

高朝晖(1988-),男,湖北武汉人,硕士研究生,研究方向为牵引网谐波传输特性;

王斌(1981-),男,四川成都人,博士研究生,研究方向为牵引网谐波传输特性。

Analysis of magnetic environment characteristics for high-speed railway all-parallel AT traction network with short circuit

QIAN Chenghao, HE Zhengyou, GAO Zhaohui, WANG Bin

(School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: With the power supply section divided into three AT(AutoTransformer) parts, the simulation model of all-parallel AT power-supply system is built and its current distribution is simulated for different faults, based on which, the corresponding magnetic induction intensity is calculated. Calculated results demonstrate that, the amplitude of magnetic induction intensity at both sides of fault point is obviously affected by the faulty section, transition resistance, fault location and train position, while its angle is hardly affected by these factors; the influence of noise intensity on the magnetic environment is quite complicated, when noise intensity is larger than 45 dB, the angle of magnetic induction intensity at both sides of fault point deflects obviously during different faults.

Key words: railroads; all-parallel AT traction network; short circuit; magnetic fields; magnetic field measurement; signal to noise ratio

(上接第148页 continued from page 148)

作者简介:



丛浩熹

丛浩熹(1989-),男,山东潍坊人,博士研究生,主要从事高压开关在线温度监测方面的研究工作(E-mail:conghaoxi@163.com);

李庆民(1968-),男,山东菏泽人,教授,博士研究生导师,主要从事新型高压电器方面的研究工作;

齐波(1980-),男,山东临沂人,副教授,博士,研究方向为高压电气设备在线监

测与故障诊断;

李成榕(1957-),男,福建福州人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向为气体放电及脉冲功率技术、电气设备绝缘在线监测与故障诊断、电介质材料介电特性;

刘有为(1962-),男,内蒙古乌兰察布人,教授级高级工程师,从事高压设备智能化、状态检修方面的研究工作;

肖燕(1973-),女,辽宁沈阳人,高级工程师,博士,从事高压电气设备检修优化策略、高压设备可靠性技术等方面的研究工作。

Online GIS switch contact temperature monitoring based on IR sensing

CONG Haoxi^{1,2}, LI Qingmin^{2,3}, QI Bo^{2,3}, LI Chengrong^{2,3}, LIU Youwei⁴, XIAO Yan⁴

(1. Shandong Provincial Key Laboratory of UHV Transmission Technology and Gas Discharge Physics, School of Electrical Engineering, Shandong University, Ji'nan 250061, China; 2. State Key Laboratory of Alternate Electrical Power System with Renewable Energy Sources, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;

3. Beijing Key Laboratory of High Voltage and EMC, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;

4. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China)

Abstract: According to the structural characteristics of the disconnecting switches in GIS equipments, an online contact temperature monitoring method based on IR(Infra-Red) sensing is proposed. Highly emissive coating is spread on the contact surface to enhance its emissivity and the emissivity of infrared temperature sensor is adjusted to compensate the absorption effect of SF₆. A GIS experiment platform is established and the influences of SF₆ concentration, IR filter and environmental temperature on IR sensing are researched. Experimental results show that, the indication of IR sensor reduces along with the increase of SF₆ concentration, which could be compensated by lowering the emissivity of sensor. An online GIS contacts temperature monitoring system is designed based on the proposed method.

Key words: GIS; IR sensing; switches; contact; temperature; monitoring