基于光纤光栅的气体绝缘开关母线温度在线监测系统

吴晓文¹, 舒乃秋¹, 李洪涛¹, 金向朝², 谢志杨² (1. 武汉大学 电气工程学院, 湖北 武汉 430072; 2. 广东电网公司佛山供电局, 广东 佛山 528000)

摘要:提出了一种基于光纤光栅测温技术的气体绝缘开关(GIS)母线温度在线监测方法,设计了高性能的光 纤光栅温度传感器以及波长解调系统,由工控机实现波长自动采集、波长温度转换、数据存储以及故障预警, 通过实时监测母线温度变化趋势实现对母线的发热状态进行评估。所研制的在线监测系统已在广东电网投 入运行,运行结果表明,该系统具有较高的测温精度,能够有效监测 GIS 母线温度及其变化趋势。 关键词: 气体绝缘开关;母线;温度;过热;光纤光栅;监测;发热状态

中图分类号: TM 930.1 文献标识码: B

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.04.028

0 引言

气体绝缘开关 GIS(Gas Insulated Switchgear)设 备理论上故障率低,但一旦发生故障其后果较普通 电气设备更加严重¹¹。2007年7月12日,佛山供电 局辖区荷城变电站 GIS 母线对地击穿;2010年6月 11日,220 kV 丹桂站 GIS 母线发生三相短路故障, 电弧导致母线烧蚀。造成上述故障的原因在于 GIS 母线触头因接触电阻增大产生过高的温升导致母线 触头表面熔焊,熔焊产生的金属微粒致使电场畸变, 进而引发电弧。因此,如果能够对 GIS 母线温度进行 在线监测,实时监控母线温度及其发展趋势,在母线 过热时进行超温预警并组织检修,将有利于降低 GIS 母线过热性故障的发生几率,对电力系统的安全运 行具有现实意义。

目前,GIS 母线温度在线监测主要难度在于传 感器性能不能满足实际需要,表现在传感器灵敏度 及测温精度不够,不能快速响应 GIS 母线温度变化。 常用的非在线监测手段如红外测温方法,主要采用 手持式红外热像仪对 GIS 母线温度进行定期检测, 其分辨率与测温精度较高,但价格昂贵,测试的有 效性易受到环境等因素的影响,而且难以实现在线 监测系统的一体化集成^[23]。分布式光纤测温技术根 据光纤中激发的反斯托克斯光与斯托克斯光光强的 比值实现温度解调,具有抗电磁干扰、耐化学腐蚀等 优点,属于在线监测方法,同时也在电力系统中得 到广泛应用,但存在测温精度低、空间定位精度较差 等问题^[4-7]。

光纤光栅测温技术根据入射波长与反射波长变 化解调温度信号,具有抗干扰能力强、尺寸小巧、可 定点测量等优点^[78],其灵敏度及迟滞特性与传感器 的增敏及封装方法密切相关,通过设计不同结构或 材料的基底,可显著提高测量精度及灵敏度,从而满 足实际需要。本文利用光纤光栅作为温度传感元件, 设计并研制了 GIS 母线温度在线监测系统,对佛山 供电局某 110 kV 变电站室内 GIS 母线各间隔三相 母线及其对应环境温度进行实时监测。与手持式红 外热像仪测温结果的对比以及现场试运行情况表 明,该 GIS 母线温度在线监测系统具有较高的测温 精度及灵敏度,能够实时、有效监测母线的发热状 况,提高了GIS 的安全运行水平。

1 光纤光栅温度传感原理

光纤光栅利用光纤材料的光敏性在光纤纤芯通 过紫外光曝光的方法形成空间相位光栅制作而成, 其传感原理是通过外界参量对光纤光栅中心波长的 调制以获取信息。根据光栅理论¹⁹,宽带连续光通过 光纤光栅时,与光纤光栅中心波长相匹配的光波将 发生反射,其余光波直接透射过去,如图1所示。



图 1 光纤光栅传感原理图

Fig.1 Schematic diagram of fiber Bragg grating sensor

光纤光栅中心波长与纤芯有效折射率和光栅调 制周期的关系表述为^[10-11]:

$$\lambda_{\rm B} = 2 n_{\rm eff} \Lambda \tag{1}$$

其中,λ_B为光纤光栅中心波长,n_{eff}为纤芯有效折射 率,Λ为光纤光栅调制周期。

由式(1)可知,纤芯有效折射率和光纤光栅调制 周期的变化均会改变光纤光栅的中心波长,根据光 纤材料的热光效应,纤芯有效折射率和光栅调制周 期均随温度变化而变化。忽略波导效应,将式(1)进

收稿日期:2012-05-13;修回日期:2013-03-12

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)资助项目 (2009CB724500)

Project supported by the National Basic Research Program(973 Program) of China(2009CB724500)

$$\frac{\Delta\lambda_{\rm B}}{\lambda_{\rm B}} = \left(\frac{1}{\Lambda}\frac{\mathrm{d}\Lambda}{\mathrm{d}T} + \frac{1}{n_{\rm eff}}\frac{\mathrm{d}n_{\rm eff}}{\mathrm{d}T}\right)\Delta T = (\alpha + \xi)\Delta T \qquad (2)$$

$$\alpha = \frac{1}{\Lambda} \frac{\mathrm{d}\Lambda}{\mathrm{d}T} \tag{3}$$

$$\xi = \frac{1}{n_{\text{eff}}} \frac{\mathrm{d}n_{\text{eff}}}{\mathrm{d}T} \tag{4}$$

其中,α为裸栅热膨胀系数,ξ为裸栅热光系数。由 式(2)得知,温度变化对光纤光栅中心波长的影响是 由热膨胀效应及热光效应产生的,通过检测光纤光 栅入射波长与反射波长的变化即可实现波长-温度 解调。

2 系统整体设计

GIS 母线温度在线监测系统主要由光纤光栅传 感器阵列、参考光纤光栅、宽带光源、3 dB 耦合器、可 控锯齿波发生器、F-P 腔可调滤波器、光电转换器、信 号调理电路、数字信号处理模块以及工控机等组成。 图 2 为系统硬件原理框图。





如图 2 所示,数字信号处理模块控制锯齿波发 生器驱动 F-P 腔滤波器进行波长扫描,宽带光源发 出的光波经 F-P 腔滤波器扫描后输出一系列离散脉 冲光信号,该脉冲光经 3 dB 耦合器分别进入光纤光 栅传感器阵列以及参考光纤光栅阵列,而只有与各 光纤光栅中心波长相匹配的脉冲光才能够被反射回 来,光电转换器将反射回的光信号转换为电信号,由 信号调理电路进行整形、滤波等处理,数字信号处理 模块将处理后的信号进行 A/D 转换,通过一定的峰 值查找办法确定各反射光中心波长的位置及其对应 的锯齿波扫描电压值,并根据拟合得出的 F-P 腔扫 描电压与透射波长的关系实现波长解调^[12-13]。最后 工控机根据波长与温度之间的标定关系计算出每个 光纤光栅传感器的温度值并存储。

3 系统主要硬件设计

3.1 光纤光栅增敏封装及传感器阵列设计

由于裸栅灵敏度只有 10 pm/℃ 左右,因此通常 把光纤光栅预拉伸后封装在具有更高热膨胀系数的 基底材料中以达到增敏目的,称为增敏封装。增敏后的波长-温度关系为^[8]:

$$\frac{\Delta\lambda_{\rm B}}{\Delta} = [\alpha + \xi + (1 - P_{\rm e})\alpha_{\rm s}]\Delta T \tag{5}$$

其中,*P*。为光纤的有效弹光系数,α。为封装材料的热膨胀系数。对于铝合金增敏光纤光栅,其灵敏度可达到 30 pm/℃,提高到未增敏时的 3 倍。

受封装工艺的影响,光纤光栅传感器内部应力、 应变不均,对传感器线性度、迟滞特性以及重复性有 很大影响,如何控制封装工艺是传感器制作的关键。 为了降低复杂增敏结构对传感器特性的影响,本文采 用单一铝合金材料作为增敏基底。将光纤光栅经过 不同程度的预拉伸后,利用 353ND 双组份环氧树脂 粘接在基底上。待胶完全干结后,为了消除光纤光栅 传感器的残余应力,将光纤光栅传感器置于高低温 箱内反复进行升降温老化实验。由于封装工艺的差 别,即使同一批光纤制作的光纤光栅温度敏感特性 也略有不同。因此,用作传感的光纤光栅温度传感器 需要分别经过高低温标定实验才能确定各自的波 长-温度关系。具体方法为,将传感器置于高低温箱 内,调节箱内温度由5℃升高至60℃,再降至5℃ (具体温度范围由安装现场温度决定),每隔5℃记 录一次传感器波长数据,并以铂电阻点温计(精度 0.05 ℃)测量箱内实际温度,每次温度稳定时间约为 40 min,如此重复3次后对各行程波长取平均值。采 用上述标定方法得到的波长-温度曲线如图3所示, 传感器灵敏度为 30 pm/℃,迟滞小于 10 pm,通过该 标定曲线配置传感器参数后,传感器测温精度达到 0.3 °C_o





铝合金增敏封装后的光纤光栅温度传感器,主要由增敏基底、盖板、热缩管及光纤光栅构成。光纤 光栅传感器位于盖板及基底之间,热缩管与盖板的 作用在于保护光纤及光纤光栅,使其免受外力破坏。

结合现场 GIS 的实际结构,GIS 母线温度在线 监测系统分为 4 个通道(包括 32 个温度监测点,每 8 只不同中心波长的光纤光栅温度传感器串联构成 1 个测温通道),其中 3 个通道分别用于不同间隔 A 相、B 相和 C 相的温度监测,1 个通道悬空用于监测 各间隔对应的环境温度。

3.2 波长解调模块

光纤光栅传感器阵列与工控机以外的其他硬件 统称波长解调模块,主要分为光路部分和电路部分。

光路部分包括宽带光源、F-P 腔滤波器、3 dB 耦 合器以及参考光纤光栅。其中,光源选用宽带 ASE 光源,中心波长为1550 nm,带宽为±40 nm,输出功 率为3mW:由于采用波分复用方式,宽带光源的波 长范围必须能够满足传感器阵列复用的要求,本系 统中每只传感器占用 4 nm 的带宽; F-P 腔扫描滤波 器采用 MOI 公司产品,型号为 FFP-TF,中心波长为 1550 nm. 自由光谱范围为 60 nm. 由于 F-P 腔滤波 器腔长漂移、驱动元件非线性以及压电体的迟滞特 性,因此 F-P 腔滤波器的输入与输出存在着很大的 非线性,此处采用参考光纤光栅作为光纤光栅传感 器阵列波长解调的基准,利用文献「12-13]提出的曲 线拟合方法确定 F-P 腔扫描电压与透射波长的关 系:3 dB 光纤耦合器的中心波长为 1550 nm, 带宽 ±40 nm,其作用在于将 F-P 腔滤波器输出的光分离 到光纤光栅传感器阵列中,并将光纤光栅反射光传 输至光电转换器。

电路部分包括光电转换器、信号调理电路、锯齿 波发生器以及数字信号处理模块4个部分。其中,锯 齿波发生器与数字信号处理模块最为关键。

可控锯齿波发生电路的作用是产生频率 800 Hz、 幅值 0~18 V 的连续稳定锯齿波电压信号,通过该电 压信号驱动 F-P 腔滤波器进行波长扫描。该电路主 要由波形发生器 ICL8038、仪表放大器 AD620、光耦 合器 4N33、单稳态触发器 CD14538 以及模拟开关 CD4053 组成。如图 4 所示,数字信号处理模块输出 "开关信号"控制波形发生器 ICL8038 起振。使用 ICL8038 的 2 路输出电压信号,一路为锯齿波电压信 号,另一路为方波电压信号。由于 ICL8038 输出的锯 齿波电压无法达到驱动 F-P 腔滤波器的要求,因此 该锯齿波电压信号需要通过 AD620 进行放大。另一 路方波电压信号则通过光电耦合器件 4N33 后产生 0~5 V 的方波,CD14538 将该方波转换为"脉冲信号", 利用该脉冲信号控制数据采集的开始与结束时刻。

需要说明的是,AD620 输出的锯齿波电压信号 除了驱动 F-P 腔进行扫描滤波外,还通过 P₃ 送至数 字信号处理模块进行数据采集。同时,数字信号处理 模块接收信号调理模块输出的波长电压值。数字信 号处理器芯片正是利用这 2 组电压的采集结果实现 峰值查找,进而根据 F-P 腔滤波器的电压--波长拟合 关系进行波长解调与存储。数字信号处理模块采样 频率为 50 Hz,采样波形如图 5 所示。



图 4 锯齿波发生器电路原理图





4 系统软件设计

GIS 母线温度在线监测系统的软件部分采用 VB语言编制,系统模块主要包括:传感器参数配置、 采集控制、波长-温度转换、数据存储、故障诊断以及 历史数据查询等,程序流程如图6所示。

由于各传感器参数并不一致,采用 Gauss-Newton 法对每只传感器的波长-温度标定数据进行最小二 乘拟合,将各传感器参数存入 SOL Server 数据库,在 程序初始化时调用:传感器波长信号采用 LAN 端口 由数字信号处理模块通过用户数据包协议(UDP)传 输至工控机,由工控机实现波长-温度转换并存储, 存储格式包括传感器编号、日期、时间及温度值:系 统可自动设置采样周期,正常情况下按照所设置的 采样周期存储数据,一旦发现过热故障系统首先连 续采集3次以排除干扰因素,之后加快采集频率,每 分钟采集一次温度值;将实时温度与环境温度、同相 各传感器温度以及历史温度对比分析实现故障判断 并在故障情况出现时发出预警信息:故障信息数据 库设置用户权限,不得随意更改:软件集成了 GIS 母 线各间隔、各相序当天温度曲线显示功能,同时各项 历史数据,如年、季度、月份、日等,可方便查询并直 观显示,以便了解 GIS 母线的历史温度状况。

为了避免系统出现故障误报的情况,系统利用

相同间隔不同相母线温度、单一间隔单相母线历史 温度与环境温度形成三重故障判据对是否出现故障 进行诊断,如果3个判据同时满足则判定该间隔母线 发生故障,诊断流程如图7所示。值得一提的是,由 于GIS母线温度受环境温度以及通风条件的影响较



图 6 系统软件流程图 Fig.6 Flowchart of system software



图 7 过热故障诊断流程图 Fig.7 Flowchart of overheat diagnosis 大,因此各个判据的合理阈值需要根据现场长期运 行经验逐步确定。根据目前的试运行结果,正常情况 下母线各监测点温度与环境温度具有相同的变化幅 度,二者最大差值不超过 3 ℃;三相导体温差稳定, 且最大温差不超过 2 ℃;考虑接触电阻增大引起的发 热属于缓慢变化的过程,与 10 d 内平均历史温度的 对比阈值暂定为 1 ℃。

5 现场安装及试运行

5.1 传感器的安装布局

根据温度场数值仿真结果^[14-15],考虑 GIS 母线外 壳内部 SF₆气体的流动性,温度较高的气体密度较小, 浮力的作用使其主要集中于外壳内部上方位置,下 方流体几乎处于静止状态。外壳最高温度位于 A、C 相导体上方,最低温度位于 B 相导体下方。对于母线 波纹管位置,综合考虑最佳测温灵敏度以及因传感 器过于接近而导致各测点温度无明显差异等问题, 传感器安装位置如图 8(a)所示;对于母线各间隔出 线位置,受热气体在母线竖直部分绝缘子下方聚集, 冷却后又回流到导体附近,所以最高温度出现在母 线竖直部分,考虑温度测量的灵敏度以及母线结构 对安装位置的影响,传感器安装位置如图 8(b)所示。



Fig.8 Schematic diagram of sensor installation for GIS bus

根据国标规定,母线导体的最高允许温度为 85~90℃,外壳的最高允许温度为 65~70℃。目前已 有研究成果表明 GIS 外壳温度能够即时响应导体温 度变化,并且均对稳态情况下母线温度场进行了预 测与实验验证^[1617]。分析结果表明,对于三相 GIS 母 线,稳态情况下导体温度变化 1℃,外壳温度变化达 到 0.42~0.56℃。而本文设计的光纤光栅温度传感器 灵敏度为 30 pm/℃,分辨率达到 0.03℃,因此完全满 足 GIS 母线测温的要求。

5.2 与红外测温法对比

为了验证 GIS 母线导体温度在线监测系统测温的准确性,将系统测温结果与 TherCAM P45 型手持式红外热像仪测温结果进行对比,对比结果如表 1 所示。对于母线不同位置处的 7 个测温点,手持式红外测温仪测量结果与系统测量结果一致,最大偏差

表 1 系统测温与红外测温结果

Tab.1 Comparison of measured temperatures between monitoring system and infrared measuring equipment

测点编号	温度/℃		相对语来(以
	红外测温法	本文方法	伯内庆左/%
1	26.3	26.2	0.38
2	26.2	26.0	0.76
3	26.2	26.1	0.38
4	26.1	26.6	1.92
5	26.2	26.0	0.76
6	25.9	25.9	0
7	27.2	26.6	2.21

为 2.21%。另外,通过人为增加 GIS 母线表面的对流 换热效果,在 1 min 内,基于光纤光栅测温技术的 GIS 母线温度在线监测系统能够迅速感应温度变化,手 持式红外测温仪所测温度几乎不变,表明该系统具 有较高的测温灵敏度。

5.3 试运行结果及分析

GIS 母线温度在线监测系统于 2010 年底投入 试运行,运行期间各相母线运行温度正常,无突变或 持续升温现象。以 11 月份某间隔三相母线为例,母 线温度发展趋势如图 9 所示。



Fig.9 Temperature variation tendency of GIS bus for one month

由图 9 可见,GIS 母线每天温度变化具有规律 性,温度曲线呈抛物线状,08:00 左右温度最低,17:00 至 18:00 期间温度最高,之后温度逐渐回落;由于 该 GIS 处于室内,通风条件相对较差,母线昼夜温差 不超过 2℃,该温度变化特性主要是由日照强度、当 地居民及工厂负荷特性造成的;三相母线中 B 相母 线温度最高,A 相母线稍低,C 相母线温度最低,C 相 与 A、B 两相最大温差为 0.5℃,这一现象表明,GIS 负 荷电流并不完全对称,相间电流存在差异,该结论与 变电站后台负荷监测系统显示结果吻合;母线温度 与环境温度具有相同的变化趋势但变化幅度不同, 说明母线温度不仅与环境温度相关,而且与负荷电 流大小也存在一定关系。

6 结论

本文将光纤光栅测温技术应用于 GIS 母线温度 在线监测,介绍了光纤光栅传感原理与传感器制作 的关键因素,设计并研制了 GIS 母线温度在线监测 系统,分析了传感器安装布局及系统现场试运行结果。 通过与手持式红外测温仪测温结果的对比证明本文 系统具有更高的测温精度及灵敏度。现场运行数据 表明,GIS 母线运行温度与环境、负荷因素密切相关, 该系统能够有效监测母线温度及其变化趋势,对于 GIS 母线安全运行具有现实意义。但由于母线内外 热传递过程较为复杂,影响因素较多,系统尚不能够 利用监测结果推断出母线导体的确切温度。在今后 的工作中,将采用有限元多物理场耦合计算并配合 大量模拟实验的方法,建立导体温度与所监测温度之 间的计算关系,进而实现母线导体温度的实时预测。

参考文献:

- BOLIN P, KOCH H. Gas insulated substations GIS[C]//Transmission and Distribution Exposition Conference. Chicago, USA: [s.n.],2008;1-3.
- [2]费万民,吕征宇,耿福江,等.高压开关触点和母线温度在线监测系统[J].电力系统自动化,2004,28(3):86-89.
 FEI Wanmin,LÜ Zhengyu,GENG Fujiang,et al. Apparatus used to measure and monitor the temperature of the contact of high-voltage-switch and/or high-voltage bus[J]. Automation of Electric Power Systems,2004,28(3):86-89.
- [3] 邬伟民,董永平. 用红外技术诊断变电设备内部健康状况的可行性分析[J]. 高电压技术,1993,19(2):23-29.
 WU Weimin,DONG Yongping. The feasibility of diagnosis of fault by infrared technique for equipment in substation[J]. High Voltage Engineering, 1993, 19(2):23-29.
- [4] 邬刚,李进. 光纤在开关柜触头温度监测中的应用[J]. 高电压技术,2006,32(2):122.

WU Gang,LI Jin. Application of optical fiber in temperature monitoring of the contacts of switch cabinet[J]. High Voltage Engineering, 2006, 32(2):122.

- [5] 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):169-173.
 SHI Bin. HV switchgear temperature on-line monitoring system with distributed optical fiber sensor[J]. High Voltage Engineering,2007,33(8):169-173.
- [6] 罗俊华,周作春,李华春,等. 电力电缆线路运行温度在线检测技术应用研究[J]. 高电压技术,2007,33(1):169-172.
 LUO Junhua,ZHOU Zuochun,LI Huachun, et al. Application of operation temperature detection technique for on-line power cable lines[J]. High Voltage Engineering,2007,33(1):169-172.
- [7] 李强,王艳松,刘学民.光纤温度传感器在电力系统中的应用现状综述[J].电力系统保护与控制,2010,38(1):169-172.
 LI Qiang,WANG Yansong,LIU Xuemin. Application situation of temperature monitoring of optic fiber sensor in power system[J]. Power System Protection and Control,2010,38(1):169-172.
- [8] 郭明金,姜德生,袁宏才.两种封装的光纤光栅温度传感器的低温特性[J].光学精密工程,2007,15(3):326-330.
 GUO Mingjin,JIANG Desheng,YUAN Hongcai. Low temperature properties of fiber Bragg grating temperature sensors with two package methods[J]. Optics and Precision Engineering,2007,15(3):326-330.
- [9] 靳伟,廖延彪,张志鹏,等. 导波光学传感原理与技术[M]. 北京:

科学出版社,1998:32-35.

160

[10] 钱祥忠,王学雷.用于高压电器温度监测的 FBG 传感系统[J]. 电力系统及其自动化学报,2007,19(5):49-51.

QIAN Xiangzhong, WANG Xuelei. FBG based sensing system for temperature monitoring of high voltage apparatus[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2007, 19(5):49-51.

[11] 詹亚歌,蔡海文,向世清,等. 高分辨率光纤光栅温度传感器的 研究[J]. 中国激光,2005,32(1):83-86.

ZHAN Yage, CAI Haiwen, XIANG Shiqing, et al. Study on high resolution fiber Bragg grating temperature sensor [J]. Chinese Journal of Lasers, 2005, 32(1):83-86.

[12] 高璇,黄俊斌,顾宏灿,等. 基于光纤梳状滤波器的光纤 Bragg 光栅波长解调技术研究[J]. 舰船科学技术,2008,30(3):122-126.
GAO Xuan,HUANG Junbin,GU Hongcan,et al. Research on fiber Bragg grating wavelength demodulation utilizing fiber interleaver filter[J]. Ship Science and Technology,2008,30(3): 122-126.

 [13] 姜德生,高卓婷,张翠. 提高 Bragg 光栅解调系统精度的拟合算 法[J]. 传感器与微系统,2006,25(4):65-66.
 JIANG Desheng,GAO Zhuoting,ZHANG Cui. Fitted algorithm

to improve the precision of demodulation system of Bragg grating sensor[J]. Transducer and Microsystem Technologies,2006, 25(4):65-66.

[14] KIM J K,LEE J,WEE S B,et al. A novel coupled magnetothermal-flow analysis for temperature rise prediction of power apparatus [C] // International Conference on Electrical Machines and Systems. Wuhan, China: [s.n.], 2008:585-588.

- [15] YOON J H,AHN H,CHOI J,et al. An estimation technology of temperature rise in GIS bus bar using three-dimensional coupled-field multiphysics [C] // IEEE International Symposium on Electrical Insulation. Vancouver, Canada: IEEE, 2008:432-436.
- [16] KIM J K,KIM Y K,KIM J S,et al. Heat transfer in gas-insulated bus bars[C]//Proceedings of the ASME Summer Heat Transfer Conference. Las Vegas, USA: [s.n.], 2003:1-7.
- [17] KIM S W,KIM H H,HAHN S C,et al. Coupled finite-elementanalytic technique for prediction of temperature rise in power apparatus [J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2002, 38(2): 921-924.

作者简介:

吴晓文(1986-),男,湖北随州人,博士研究生,主要从事 GIS 母线触头温度在线监测及触头发热机理等方面的研究工

作(E-mail:whuwxw@yahoo.cn);

舒乃秋(1954-),男,湖北黄冈人,教授,博士研究生导师,博士.研究方向为电气设备故障诊断及在线监测:

- 李洪涛(1987-),男,江西九江人,博士研究生,主要研究 方向为电力设备状态监测及故障诊断:
- 金向朝(1980-),男,浙江金华人,工程师,主要从事高电 压试验技术工作:
- 谢志杨(1975-),男,广东佛山人,高级工程师,硕士,从 事开关缺陷分析和状态检修工作。

Online temperature monitoring system based on FBG for GIS bus

WU Xiaowen¹, SHU Naiqiu¹, LI Hongtao¹, JIN Xiangchao², XIE Zhiyang²

(1. School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. Foshan Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid, Foshan 528000, China)

Abstract: A method of online temperature monitoring based on FBG(Fiber Bragg Grating) technique is proposed for GIS(Gas Insulated Switchgear) bus, which evaluates the thermal state of GIS bus according to the variation tendency of its temperature. The FBG sensor with high performance and the optic wavelength demodulation system are designed. An industrial computer is applied to automatically collect the optic wavelength and carries out the wavelength-temperature conversion, data storage and fault alarming. Practical application in Guangdong Power Grid shows that, with high accuracy, the designed system monitors the temperature of GIS bus and its variation effectively.

Key words: gas insulated switchgear; busbars; temperature; overheat; fiber Bragg grating; monitoring; thermal state