

基于带电检测和在线监测的变电设备状态评价管理

李超

(国网福建省电力有限公司超高压分公司 福建省福州市 350000)

摘要: 随着我国经济在快速发展, 社会在不断进步, 由于变电设备种类多样且分布零散, 以往采取的定期检修模式存在诸多弊端, 例如无法实时掌握变电设备的状态、不能准确判断故障位置等, 给检修作业增加了难度。基于传感器技术、通信技术和计算机技术的在线监测检修系统, 以同步获取各台变电设备运行参数为基础, 根据数据分析结果对变电设备状态进行评价, 有助于找准养护、维修的重点, 提高检修效率, 保障运行安全。

关键词: 带电检测; 在线监测; 变电设备; 状态评价; 设备管理

引言

变电站在线监测系统是对变电设备的工作状态进行动态的监控, 主要对设备的运行环境和设备本体运行工况进行监测和感知, 同时对监测和收集到的数据进行研究, 根据研究结果分析和预测变电站可能会出现故障, 识别到故障风险后自主进行警报^[1]。过去对变电站的检测修理是通过人工检修和故障检修相结合的模式, 这种方法有两种弊端: 一方面加大了人力和财力成本; 另一方面无法保证检修的质量。随着目前电力设备在线监测和带电检测技术的不断完善和发展, 推进了变电站变电设备状态评价管理水平的发展。

1 变电设备在线监测技术及状态评价

1.1 变电设备状态量的选择

根据变电设备的运行特点和基本功能, 将状态量分为两类, 即直接反应变电设备核心功能的主状态量, 以及间接表示变电设备基本功能的辅助状态量。以变压器为例, 主状态量包括绕组电阻、顶层油温、套管介损等; 辅助状态量则包括绕组绝缘电阻、油液水含量、油箱温度等。对于 SF6 断路器, 主状态量包括开断短路电流次数、套管外绝缘、SF6 气体泄漏等; 辅助状态量包括压力表、金属件等。

1.2 在线监测装置的配置原则

根据变电设备的运行特点和在线监测装置的有效性, 针对目前在运的几种典型设备类型, 提出如下在线监测装置的配置要求。

1.2.1 变压器、电抗器

220 千伏及以上变压器、换流变、电抗器应配置油色谱在线监测装置。1000 千伏变压器(电抗器)应配置综合监测装置, 500~750 千伏变压器(电抗器)运行异常需持续跟踪时宜配置综合监测装置, 其他电压等级设备可根据设备重要性、异常程度等按需配置综合监测装置。新增油色谱在线监测装置应满足《变压器油中溶解气体在线监测装置技术规范》(Q/GDW 10536-2021)要求, 即换流变、750 千伏及以上变压器(电抗器)油色谱在线监测装置应满足 A1 级要求, 500 千伏变压器(电抗器)

油色谱在线监测装置应满足 A2 要求。

1.2.2 断路器及 GIS (HGIS)

500 千伏及以上组合电器应配置一体化内置式传感器, 110 至 330 千伏组合电器宜配置内置式传感器。传感器布置位置满足断路器、隔离开关、接地开关、合闸电阻开关等关键活动气室的信号检测, 任意相邻传感器间的平均双端插入损耗不小于-70dB。GIS 出厂前逐个提供特高频传感器单端插入损耗特性试验报告, 平均单端插入损耗相对偏差不超过 $\pm 10\%$ 。

1.2.3 220kV 及以上避雷器

220 千伏及以上电压等级金属氧化物避雷器宜配置阻性电流在线监测装置。

1.2.4 站用交流电源系统

新建站的站用交流电源系统应配置交流馈线剩余电流监测和报警装置, 并接入监控系统; 在运站的站用交流电源系统应立项增配全站(集中)剩余电流监测和报警装置, 并接入监控系统, 提升站用低压交流电缆对地绝缘监测能力和电气火灾防护水平。

2. 基于带电检测技术的变电设备检测方法

2.1 高频局部放电检测

高频局部放电检测技术可以快速完成对 3~30MHz 频率信号的检测工作。设备运行过程中如果出现放电现象, 将会形成脉冲电流, 之后将会出现电磁场。此时, 对高频检测装置进行应用, 可以筹集脉冲波, 再将收集到的脉冲波输入相应的检测装置。此时, 检测装置能够自动处理收集到的信号, 分离干扰信号和放电信号, 消除噪音等各项因素造成的干扰, 最终给出相应的判断结果^[3]。相关实验结果表明, 应用该项技术, 获取的检测结果具有较高的可靠性。

2.2 超声波检测技术

超声波检测技术在目前的状态检修中常被用于表面放电检测工作里, 将超声波传感器安装在需要检测设备的外围表面, 对收到的超声波进行分析和处理。另外超声波检测技术还被应用于局部放电中, 包括配电变压箱、环网柜、电缆箱、开关柜、配电柜以及断路器的放电检

测之中。超声波检测技术还可以被应用于由六氟化硫气体泄漏从而引发的关于超声波变化的工作之中。

2.3 暂态地电压检测技术

通过专用的暂态地电压传感器对待检设备进行检测,主要应用于以内部局部放电为工作原理的配电设备检测之中,比如开关柜、配电柜以及环网柜等。暂态地电压检测技术可以对局部放电的具体位置进行定位和确认,并以此来取得局部放电的频度与强度。另外暂态地电压通常情况下会受到传播过程减少程度和局部放电强度的影响。

2.4 红外测温技术

红外测温技术正是以红外线的物理特点为基础,以其对温度的敏感程度来进行测量的一种技术手段,该技术可以清晰地将能量在物体表面的分布情况反射出来。在实际生活中,只要该物体的温度大于零就具有红外线,然后根据反射、散射以及折射等途径,达到红外线测温的真正目的。红外测温技术不需要与物体直接接触,具有远程性,检测快、灵敏度高等多种优势。

2.5 透视成像检测技术

透视成像检测技术是利用辐射源发出的 X 射线穿过被检物,根据射线的衰减规律和分布,通过计算机信息处理和图像重建技术将被检物的厚度变化和内部缺陷反映在图像上。可直观显示内部结构的变化情况,如螺栓松动、触头部分烧损、弹簧脱落、分合闸不到位等。通过检测检修人员可以准确把握内部缺陷的性质和严重程度,从而可以在故障未扩大之前进行消缺更换处理,防止设备严重损坏以及大规模的停电事件发生。

3 在线监测及带电检测手段在设备状态评价上的应用

对于装设有在线监测装置的变电设备,应结合设备日常运行的状态量信息,综合在线监测装置的数据量变化趋势,开展综合分析比对,并以此优化调整设备后续运维及修试策略,真正实现设备状态评价的目的。为确保上述工作流程顺利完成,需要明确相关管理要求。

3.1 在线监测装置的工况管理

设备运维部门应结合设备例行巡视进行站端系统巡视检查,巡视周期与被监测设备的巡视周期一致。在特殊情况下,如被监测设备遭受雷击、短路等大扰动后,或监测数据异常,以及在大负荷、异常气候等情况时应加强巡视检查。在例行巡视、远程监视中发现监测装置异常时,应及时填报装置缺陷,并通知检修维护单位及时处理。运维单位还应依据离线、带电检测数据及时对监测装置数据的准确性和重复性进行比对分析。

3.2 在线监测的信息收集及汇总管理

设备监控管理部门要负责对所辖各变电站的变电在

线监测系统数据进行调阅。要通过在线监测系统“声光报警”功能实时监测重要设备告警信息。核查变电在线监测系统中一次设备是否有出现越限预警、报警等异常现象,重点要检查主变、高抗是否有出现监测到乙炔的情况。同时还应检查变电在线监测系统中监测装置是否有出现装置故障、数据中断等异常现象。

3.3 带电检测的技术应用及管理要求

设备运维及检修管理部门应根据相关的技术规范及标准,负责对所辖各变电站的设备开展带电检测工作。重点应根据设备所在区域的环境变化情况及设备的运行工况开展针对性的检测工作,如在雷雨季节前后开展避雷器的阻性电流带电检测等。同时,对于带电检测发现的数据异常,应结合设备运行工况数据开展异常跟踪分析,并采用多种检测手段进行比对验证,综合进行异常诊断。

3.4 在线监测及带电监测数据异常的后续处置

对于在线监测装置,在数据告警后,如经过检查在线监测系统工作正常,确认为变电设备异常导致的监测数据告警,则应组织专业人员开展设备异常分析和处置。重点应针对在线监测数据变化的趋势、横向比较和相关性分析开展诊断。

对于带电检测手段,在检测数据超标后,应首先排除检测环境(如气温、湿度等气象环境)以及检测装备差异导致的数据异常,如经过检查后确认为变电设备异常导致的检测数据超标,则应组织专业人员开展设备异常分析和处置。重点应针对同一变电站、同类型设备的检测结果开展比对分析,并回溯历次带电检测数据进行趋势变化分析。针对避雷器、变压器等同时配置有在线监测装置的设备,可结合在线监测装置的相关数据进行比对分析,以确定设备工况。

4 在线监测及带电检测技术在设备状态评价中的应用

某变电站在针对 500 千伏 GIS 设备开展带电检测时,开展 50522 隔离开关 A 相气室超声波局放检测时,发现隔离开关附近存在超声波异常信号,信号最大位置信号幅值为:1.6mV(有效值)、5.6mV(峰值),B、C 相正常气室为 0.3mV(有效值)、0.7mV(峰值),无明显 50/100Hz 分量。特高频局放、气体分解物、红外热成像检测均未发现明显异常。



图 1 50522 隔离开关 A 相气室超声波局放异常位置

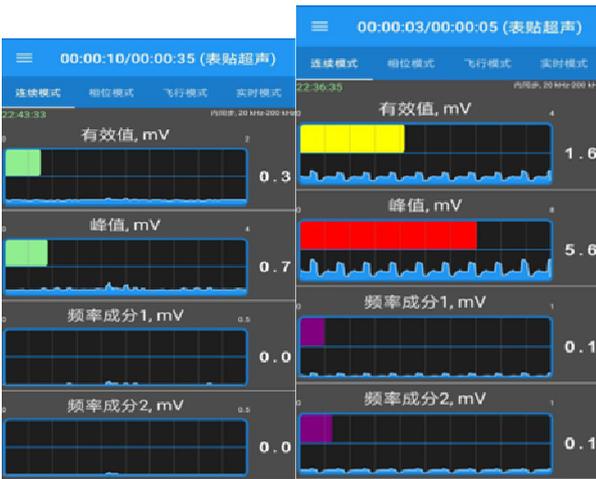


图 2 背景超声波图谱



图 3 50522 隔离开关 A 相气室图谱

期间开展跟踪复测，无劣化情况，安排对 50522 隔离开关 A 相气室开展 X 射线成像检测，发现隔离开关气室动触头屏蔽罩内有一螺栓状异物掉落，组织设备制造厂家进行分析，确认该异物为 50522 隔离开关 A 相动触头的导向轴承，在触头运行过程中脱落至屏蔽罩内（见图 4）。后续针对该隔离开关 A 相导向轴承脱落的问题采用现场更换触头的方式予以解决。

导向轴

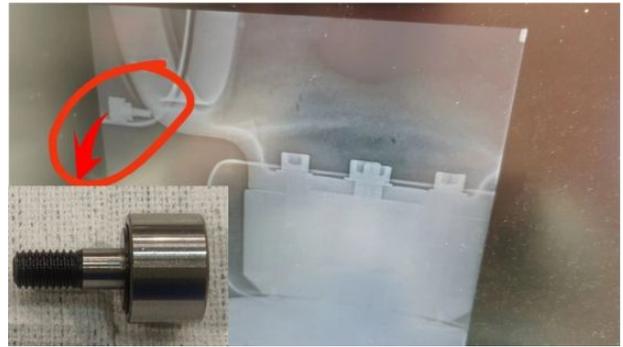


图 4 导向轴承掉落的 X 射线图

由此案例，我们可以看出超声波局放检测是一种有效的带电检测技术，能够及时、准确地定位设备故障。同时，通过 X 射线检测手段可以进行 GIS 设备内部机械结构装配情况的细致检查，通过两种手段综合使用，能够有效地发现设备存在的潜在隐患，可以为设备的状态评价及后续制定运维策略提供有力参考，同时为后续消缺涉及到的备品准备、施工工艺、检修计划等提供详尽的基础数据支撑，有助于精准、高效地开展设备消缺，保障电网安全运行。

结束语

综上所述，变电运行管理中，推广基于带电检测和在线监测实现对各类变电设备状态参数的实时、动态收集，然后将获取的海量数据进行统计、对比，完成设备状态分析。根据分析结果，能够及时发现异常状态，在报警的同时，还能提供故障原因、故障位置等基本信息，方便检修人员快速查明导致异常工况的原因，进而提高了故障维修效率，使变电设备尽快恢复正常运行。

参考文献：

- [1]邵成林,王鑫.基于电力一次设备的在线监测与状态检修技术分析[J].电气技术与经济,2020(04):20-22.
- [2]张建名.光纤光栅测温技术在 10kV 开关柜内部温度在线监测中的应用研究[J].湖南电力,2017(06):39-42.
- [3]朱振华,周华,于大洋,等.一起 110kV 油浸式变压器高压套管异常发热缺陷诊断[J].山东电力技术,2020,47(12): 37-40.
- [4]黄灵资,刘昊.基于带电检测技术的一起 35kV 金属氧化物避雷器缺陷分析[J].电气技术,2019,20(1): 112-115.