

输变电设备在线监测及带电检测技术在电网中的应用现状

王少华, 叶自强, 梅冰笑

(浙江省电力试验研究院, 杭州 310014)

摘要: 对输变电设备在线监测、带电检测技术及在中国的应用情况进行了全面总结分析, 指出在线监测、带电检测技术及其应用中尚存标准规约有待统一、运行稳定性有待提高、维护管理有待加强等问题, 并在此基础上, 提出了应对对策和建议, 以期全面推进输变电设备状态检修提供参考。

关键词: 输变电设备; 在线监测; 带电检测

中图分类号: TM721

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2011)04-0084-07

Application Status of Online Monitoring and Live Detection Technologies of Transmission and Distribution Equipment in Electric Network

WANG Shao-hua, YE Zi-qiang, MEI Bing-xiao

Zhejiang Electric Power Test and Research Institute, Hangzhou 310014, China

Abstract: In this paper, the on-line monitoring and live detection technologies of transmission and distribution equipment is summarized and analyzed including the application status in China. It is pointed out that, as to the on-line monitoring and live detection technologies, there are still some problems such as relative standards to be uniform, stable operation to be improved, maintenance and management to be strengthened. Besides, on this basis, the countermeasures and suggestions are proposed to provide reference for the comprehensive promotion of the state maintenance of the transmission and distribution equipment.

Key words: transmission and distribution equipment ; online monitoring ; live detection

0 引言

长期以来, 预防性试验对保障电力系统安全运行起到了很大的作用。然而, 随着电力系统向高电压、大容量、互联网发展, 对电力系统安全可靠性的要求越来越高, 传统预防性试验的局限性也越来越明显。主要体现在: 预防性试验需停电、按固定周期进行, 不能及时发现电气设备绝缘缺陷和反映设备即时状况; 停电试验与设备实际运行状态在环境、状态参数(如工作电压、温度)等方面存在很大差异, 预防性试验结果影响设备状态评价的准确性。

状态检修是依靠先进检测手段和试验技术采集电气设备各种数据信息, 根据运行经验和运行工况综合分析判断后, 确定设备检修周期和项目。其优越性主要体现在: 能适时检修缺陷, 预防设备事故发生, 提高运行的安全可靠; 可以延长检修周

期, 提高设备利用系数, 延长设备使用寿命。美国电力研究院(electric power research institute, EPRI)和施工规范协会(construction specifications institute, CSI)的统计数据表明, 在电力系统实施状态检修可以提高设备利用率 2%~10%, 节约检修费用 25%~30%, 延长设备使用寿命 10%~15%^[1]。在中国, 国家电网公司于 2008 年颁布 Q/GDW—2008《输变电设备状态检修试验规程》, 为输变电设备的状态检修提供了参考。由此可见, 开展状态检修可为电力企业带来巨大的经济效益, 是检修发展的必然方向。

设备状态评价是开展状态检修工作的基础, 只有通过持续、规范的设备跟踪管理, 对各种离线、在线监测数据进行综合分析, 才能准确掌握设备实际运行状态, 为进一步开展状态检修工作提供依据。因此, 积极开展输变电设备在线监测、带电检测新技术、新方法和新手段的研究和应用具有重要意义。

笔者对输变电设备在线监测、带电检测技术研究现状及在中国的应用情况进行了全面总结分析,

指出在线监测及带电检测技术在实际应用中尚需解决的问题,并提出应对对策和建议,以期全面推进输变电设备状态检修提供参考。

1 在线监测及带电检测技术介绍

国内外对输变电设备在线监测及带电检测技术的探索和研究已有 30 多年的历史。由于电气设备种类繁多、结构各异,其在线监测及带电检测项目各有不同。目前,相对成熟应用的带电检测及带电检测技术有变压器、GIS 及罐式断路器等设备局部放电监测、变压器油色谱分析、电容性设备电容量及介损带电测试、氧化锌避雷器泄漏电流监测、红外测温、紫外检测等。

1.1 变压器在线监测技术

变压器是电力系统中最关键的设备之一,常被视为电网的心脏,其安全稳定运行是对电力系统安全、可靠、优质、经济运行的重要保证。目前,变压器在线监测的主要项目有:油中溶解气体测量和分析、局部放电测量和定位、绕组变形、铁心接地电流监测及振动频谱监测等。

1.1.1 变压器油中溶解气体在线监测

监测变压器油中特征气体量——油中溶解气体分析(dissolved gases analysis, DGA)已被证明对于发现油浸变压器内部潜伏性故障,特别是过热性、电弧性、绝缘破坏性故障相当有效和可靠。现场试验和模拟试验表明,不同的故障类型产生的主要特征气体和次要特征气体见表 1。

表 1 不同故障类型产生的气体

Tab.1 Gas generated by different types of faults

故障类型	主要气体组分	次要气体组分
油过热	CH ₄ , C ₂ H ₄	H ₂ , C ₂ H ₆
油和纸过热	CH ₄ , C ₂ H ₄ , CO, CO ₂	H ₂ , C ₂ H ₆
油纸绝缘中 局部放电	H ₂ , CH ₄ , CO	C ₂ H ₂ , C ₂ H ₆ , CO ₂
油中火花放电	H ₂ , C ₂ H ₂	-
油中电弧	H ₂ , C ₂ H ₂	CH ₄ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₆
油和纸中电弧	H ₂ , C ₂ H ₂ , CO, CO ₂	CH ₄ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₆

GB/T 7252—2001《变压器油中溶解气体分析和判断导则》定义了“对判断充油电气设备内部故障有价值的气体,即氢气(H₂)、甲烷(CH₄)、乙烷(C₂H₆)、乙烯(C₂H₄)、乙炔(C₂H₂)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO₂)”,并说明氧气(O₂)可作为辅助判断指标应尽量测量^[2]。

安装油中特征气体传感器对油中气相色谱实施在线监测,就可监测那些发展周期较短的故障。

目前,技术相对比较成熟的油中气相色谱在线监测装置有美国 Serveron 公司 T8 变压器在线监测仪,其除了监测油中 H₂、CH₄、C₂H₆、C₂H₄、C₂H₂、CO、CO₂ 和 O₂ 8 种气体外,还可对油中水份和变压器油温进行在线监测,所采集数据经处理后可使用三比值、四比值、谱图法等进行分析和故障诊断。英国 Kelman 有限公司 TRANSFIX 新一代油中气体及微水在线监测系统首次将光声光谱(photoacoustic spectroscopy, PAS)技术应用于绝缘油中溶解气体及水份分析领域,监测 8 种气体及微水。加拿大 BravTech 公司 TAM-VI 变压器油色谱在线监测系统可同时检测 H₂、CO、CH₄、C₂H₆、C₂H₄、C₂H₂ 6 种故障特征气体。国内产品有宁波理工 MGA2000 变压器色谱在线监测系统,其采用特制的纳米晶半导体检测器检测 H₂、CO、CH₄、C₂H₄、C₂H₂、C₂H₆、总烃;采用微水检测单元检测 H₂O。MGA2000 监测系统已成功应用于国网特高压运行公司 1 000 kV 荆门变、750 kV 输变电示范工程(兰州东、平凉、乾县、银川东、西宁变)等。河南中分 3 000 在线监测色谱仪,能检测油中各种组份,实现变压器油中 7 种组份(H₂、CO、CO₂、CH₄、C₂H₄、C₂H₆、C₂H₂)全分析。

1.1.2 变压器局部放电在线监测

局部放电是变压器常见故障的主要原因。据统计,中国 110 kV 及以上电力变压器事故中,有 50% 属于正常运行电压下发生匝间短路,其原因大多是局部放电所致。变压器绝缘结构复杂,如果设计不当,可能造成局部区域场强过高,工艺上存在某些缺点可能会使绝缘中含有气泡,运行中油质劣化分解出气泡,机械振动和局部材料过热也会分解出气泡,以上几种情况都会导致局部放电,而局部放电又会进一步导致绝缘恶化。目前,变压器局部放电在线监测方法很多,常用的方法主要有:脉冲电流法、射频检测法、放电能量检测法、声测法、超高频法。其中,射频检测法和超高频法由于信号频率高、抗干扰性能好,随着数字滤波技术、信号采集技术、选频技术的发展,得到了越来越多的应用。

1.1.3 变压器绕组变形在线监测

变压器绕组变形在变压器事故中占有很高的比例,绕组变形检测已引起了电力部门的高度重视。目前,国内主要采用频率响应分析法(frequency response analysis, FRA)和低压脉冲法(low voltage impulse, LVI) 2 种离线测试手段进行绕组变形检测。为了提高 FRA 诊断的准确率,测量频率范围被分为几段,在整个频率范围内及每一分段的相关系数和标准偏差都被作为诊断用的特性参数。与 FRA 相比,LVI

具有对其他非试验绕组的变形不敏感、便于实现故障定位的优点,但也存在间隔时间较长时、重复性差的缺点。

近年来,基于变压器短路阻抗及阻抗中的电感分量与绕组几何尺寸及相对位置有关,通过在线监测变压器短路电抗变化来分析绕组状况的技术逐渐得到重视。现场试验证明这种测量方法具有较高的准确性和稳定性;但是,由于它只是一个外在表征量,存在对绕组的变形类型不敏感的缺点。

1.1.4 变压器铁心接地电流在线监测

电力变压器正常运行时,铁心必须一点可靠接地,否则铁心对地产生悬浮电压或铁心多点接地产生发热故障,严重威胁变压器以及电网的安全。目前,国内外都把铁心接地电流作为诊断大型变压器铁心短路故障的特征量。铁心或夹件接地电流主要是容性电流,常利用穿心电流传感器取样测量。

1.1.5 变压器振动频谱在线监测

在线监测变压器油箱表面振动可反映绕组、铁心、有载调压开关、油泵等机械性缺陷。

20 世纪 80 年代中期起,美国、俄罗斯和加拿大等国开始在试验室中利用振动信号对离线状态变压器的绕组和铁心状况进行检测。检测结果表明,与正常运行的变压器相比,发生绕组或铁心故障的变压器的器身振动信号有很大差异。变压器振动频谱的在线监测始于 20 世纪 90 年代中后期。在中国,振动法监测变压器的起步较晚,现仅有西安交通大学、上海交通大学等少数科研机构进行了这方面的研究^[3-5]。目前,国内外在变压器振动在线监测研究主要有以下几方面:

1) 利用传感器、数据采集卡以及计算机组建振动测试系统,并对监测到的振动数据进行分析。

2) 根据影响变压器振动的因素,将这些因素转化为各个参数建立数学模型,根据数学模型来研究变压器的振动状况。

3) 由于在运行变压器的振动会产生噪声,因此,可以从噪声方面来研究变压器的振动。

1.2 电容型设备在线监测技术

电容型设备主要包括电力电容器、电容式套管、高压电流互感器、高压电压互感器及电容式电压互感器等。变电站中电容型设备数量约占设备总台数的 40%~50%,其绝缘状态是否良好直接关系到整个变电站能否安全运行。在所有电气设备中,电容型设备在线监测是开展最早、最多的。目前,电容型设备在线监测的主要项目有:泄漏电流、电容量及介质损耗等^[6-9]。

1.2.1 泄漏电流和电容量的测量

电容性设备泄漏电流的测量信号是从末屏采集的,一般为毫安级,由于在现场易受强电场的干扰,因此要求传感器具有较高的稳定性和抗干扰性,材料一般使用线性度和稳定性高的坡莫合金(permalloy),结构采用零磁通传感器,并用钢质外壳屏蔽,传输线则采用双屏蔽或多屏蔽电缆来减少电磁干扰。现在倾向于将采集信号就地进行数字化处理以消除干扰,电容量的测量可根据泄漏电流和采集的母线电压换算而得。

1.2.2 介质损耗的测量

介质损耗的测量,对于发现设备绝缘整体受潮、劣化变质等缺陷非常有效。介质损耗的在线监测项目开展很早,最初根据介损电桥原理选取合适的高压标准电容 C_x 、 R_3 等进行现场带电测试,但受电场干扰严重。后来运用单片机,采用过零补偿法进行在线测量,这种方法受电网谐波和元件零漂影响使得测试数据极不稳定。近年来,在介损测量的数据处理上取得突破,主要使用谐波分析法,其采用数字频谱分析的方法求出电压和电流信号的基波,进而通过相位比较求出介质损耗^[10]。

1.3 金属氧化物避雷器在线监测技术

金属氧化物避雷器电阻片受潮、老化以及经受热和冲击破坏会引起故障,严重可能会导致变电站母线短路,影响系统安全运行。

金属氧化物避雷器在线监测主要监测阻性泄漏电流,常用方法有:总泄漏电流法、阻性电流三次谐波法、基波法和常规补偿法等。目前应用较多的测试方法是用补偿法测量阻性泄漏电流^[11-12]。

1.4 断路器和 GIS 设备在线监测技术

断路器和 GIS 设备在电力系统中起着控制和保护的双重任务,开关状态的好坏直接影响着电力系统的安全运行。对断路器和 GIS 设备实施状态监测和故障诊断,掌握其运行特性及变化趋势,对提高其运行可靠性极为重要。由于断路器的种类不同,在线监测内容也不同。目前,断路器在线监测的主要项目有:机械动作特性、灭弧室电寿命和 SF_6 气体监测等^[13]。

1.4.1 机械动作特性监测

机械动作特性的监测主要包括:① 利用加速度传感器,监测断路器在分合闸过程中操作机构、连杆机构、触头的振动信号波形;② 采用电流传感器测量分合闸线圈的电流波形,识别机构卡涩等早期故障;③ 通过位移传感器测量断路器操作过程中的行程时间特性。

1.4.2 灭弧室电寿命监测

灭弧室电寿命的监测主要是通过监测累计开断电流,进行灭弧室烧蚀情况的判断。

1.4.3 SF₆ 断路器和 GIS 设备 SF₆ 气体监测

SF₆ 气体的监测是利用压力和密度传感器来监测开关设备的气体泄漏量,用 SF₆ 湿度传感器来监测气体湿度。

1.4.4 GIS 设备振动及局部放电监测

GIS 设备振动监测是利用加速度或超声波传感器监测机械振动;局部放电监测是利用高频电磁波传感器或天线等监测电磁波,以发现 GIS 内部的颗粒放电、电晕放电等。

目前,技术相对比较成熟的 GIS 局部放电在线监测装置有英国 DMS 公司生产的 PDMG-P 便携式超高频局放检测仪,其利用宽动态电流耦合器感应 GIS 设备内部产生的超高频局部放电信号的特征信息,然后利用局部放电智能分析系统 PortSub 进行分析、识别放电的类型,确定产生这些放电信号的根源(绝缘缺陷)。其他国外产品有挪威 AIA 研制的基于超声波原理的 AIA-1GIS 内部故障在线诊断仪、德国艾迪克·莱默克(LDIC)诊断公司研制的 LDS-6 局部放电测试仪等。国内产品有华北电力大学研制的基于特高频(UHF)法的 GIS 局部放电特高频检测系统,保定天威新域研制的基于电声综合监测的 OLM0403 移动式局部放电在线监测系统等。

1.5 交联聚乙烯电缆在线监测技术

目前,日本在交联聚乙烯(XLPE)电缆在线监测方面的研究和实践,在世界上处于领先地位。中国在这方面的研究进展比较缓慢,国内早期使用的电缆在线监测技术就是借鉴了日本的技术,目前国内还有日本的产品在运行。XLPE 电缆在线监测原理,主要有直流法、局部放电法、介损法、低频成份法等^[14]。

目前,应用最多的是通过叠加直流电压法进行监测,但也存在 2 个缺点:一是杂散电流变化或端部表面漏电阻下降时,会使测量误差变大;二是接地变压器(grounding transformer,GT)长期流过直流电流,会发生磁饱和产生零序电压,引起继电保护误动。

1.6 输电线路在线监测技术

目前,输电线路在线监测的重点在线路运行与周边环境的适应性上,主要有雷电定位系统、气象监测系统、输电线路覆冰在线监测(监测覆冰重量等)、微风振动监测(监测导线与线夹最后接触点外一定距离处导线相对于线夹的弯曲振幅和频率等)、导线舞动监测(监测振动半波数、摆动频

率和摆动幅度等)、风偏在线监测(监测绝缘子串导线出口处或转角塔跳线最低点的风偏角和仰角等)、导线温度监测、绝缘子污秽度监测及杆塔倾斜监测等。

1.7 带电检测技术

目前,带电检测技术主要包括红外线成像法、紫外线成像法和超声波检测法等。

红外线成像法主要用来检测电气设备由于介电损耗或电阻损耗等引起的局部温度升高,目前已得到广泛应用^[15-16]。红外检测的技术局限性在于,由于红外辐射在固体中的穿透能力极其微弱(对金属导体的穿透厚度只有微米数量级,对于大多数非导电材料的穿透厚度也小于 1 mm)。因此,对于大型复杂电力设备内部的某些故障,若其故障发热功率太小,或故障部位距设备表面太远,由于热量的横向传递,会使得故障发热不能在设备表面产生明显的特征性响应。或者由于设备内部的热交换过程特别复杂,致使内部的故障发热无法在设备表面形成特征性热场分布。在这些情况下,红外成像法就难以从设备外部检测到内部的运行状态。

紫外线成像法主要用来检测设备表面由于局部放电而形成的碳化通道和电蚀损,检测导线外伤、高压设备的污染程度及绝缘缺陷检测等^[17]。紫外成像检测的技术局限性在于,检测光子数量受检测距离、增益、气压、温度、湿度等因素影响,目前尚无正式的紫外检测标准规程可供参考。

超声波检测法是利用超声波在绝缘介质界面发生反射、折射的原理,检测绝缘介质内部的裂纹缺陷。其优点是穿透力强、设备轻便、检测成本低、检测效率高,对危害性较大的裂纹类缺陷特别敏感。其缺点在于,通常需要耦合介质使声能透入被检物;需要有参考评定标准;显示的检测结果不直观,对操作人员的技术水平有较高要求。

纵观输变电设备在线监测及带电检测技术的发展趋势,目前输变电设备监测状态量以绝缘状态量为重点,并逐步发展到机械量、化学量等有助于设备状态全面监测的状态量。在线监测技术的发展还呈现出一种综合趋势,即将设备的各种实时状态量通过网络集中起来,结合其他的非实时状态量,对设备的状态进行综合、全面分析,为设备的状态评价提供依据。

2 在线监测及带电检测技术在中国的应用现状

2006 年初,国家电网公司对各网省公司在线监

测装置应用情况进行了调查统计^[18]。统计结果表明:华北、华东电网的在线监测装置最多,西北电网的在线监测装置相对较少。在变压器本体、电容型设备、氧化物避雷器、开关类设备、GIS 设备、综合监测 6 类在线监测装置中,金属氧化物避雷器在线监测装置应用最多;电容型设备和变压器本体在线监测装置次之。这也说明金属氧化物避雷器、电容型设备和变压器本体的在线监测技术相对比较成熟。开关类设备、GIS 设备的在线监测装置应用较少,这是因为开关类设备,特别是断路器的结构区别较大,安装在线监测装置的空间难度和技术难度都很大。GIS 设备都是按照免维护的要求设计的,因此很少安装在线监测装置。

此外,绝缘子泄漏电流在线监测、外绝缘污秽在线监测等装置,在中国电网系统也有应用,但应用数量较少。而红外成像仪、紫外成像仪和超声波检测仪等带电检测设备,随着技术的不断成熟,在中国电网系统应用越来越普遍^[19]。

3 在线监测、带电检测技术及其应用中存在的问题

3.1 规范在线监测装置的技术要求

目前,尚无电气设备在线监测技术相关的国家标准和行业标准,也没有在线监测装置入网检测标准。由于无统一设计规范和技术标准,不同厂家生产的在线监测装置在通讯规约、现场总线、报警阈值、数据库和专家诊断软件等方面差异较大,难以统一规范地进行数据集中、远程传输和分析。

带电检测方面,目前的紫外成像检测仪在敏感度、可见光影像放大度等方面的性能已经十分优异,可以很好地为电晕定性定位,确定电晕有没有在关键部分产生。但对于那些已经确认了的,发生在关键重要部件的电晕放电,是立即进行设备维修还是可以等待,目前仍没有一个很好的导则。

3.2 在线监测装置运行稳定性有待提高

虽然在线监测装置在电网内应用越来越多,但由于很多装置在技术上并不十分成熟,其运行稳定性较差,功能也有待完善。实际应用情况表明,一些早期的监测装置存在设计不合理、原理不准确等问题,需要综合考虑新工艺和新技术进行改进和完善,提高其稳定性和准确性,确保传感器等重要部件的自身质量和现场测量中的可靠性,才能提高在线监测的效果。

2009 年 6 月,云南电网公司对云南电网内应用的在线监测装置进行了调查统计,结果表明,在

调查的 181 套装置中,运行基本正常的为 150 套,运行不正常、停运的为 31 套,占总装置数的 17%^[20]。华北电网公司的统计数据表明,集中型在线监测系统不能正常使用的比率高达 60%,主要原因是装置存在质量问题如灵敏度不高、元件性能不稳定、抗干扰性能较差、抗外界因素如温度、湿度变化能力不足,存在可靠性问题如测量数据不稳定、信息上传时而断续,起不到动态跟踪设备绝缘状况的作用^[21]。

3.3 在线监测装置的维护管理有待加强

很多在线监测装置之所以运行不正常甚至停运,除了装置自身性能方面的原因外,还有一个不可忽视的重要原因,就是在线监测装置在安装后缺乏足够的技术维护,进而导致监测数据分析相对滞后、信息上传不通畅等问题。

4 对策和建议

4.1 规范在线监测装置的技术要求

目前,在线监测技术正处在快速发展阶段,参与研发的厂家众多,短时间内难以形成国家标准。但可以制定省公司层面的技术要求,对入网的在线监测系统,必须满足通信规约、数据库、现场总线等方面的统一要求,使不同厂家的设备具有可扩展性和互换性。

同时,为了避免低质量产品的入网使用,确保状态检修基础数据的准确性,应建立统一的检测方法及装置,检测评价在线监测装置的测量精度、工作状态及数据传输准确性,从而规范其选型和使用。

4.2 提高在线监测装置的性能

研发机构要紧密跟踪传感器、光纤等新技术的发展,开发出测量精度高、抗干扰能力强、切合实际需求的系统;生产厂家要进一步提高产品的设计制造工艺水平,提高系统的稳定性和可靠性;运行单位要及时将在线监测数据和试验数据进行对比分析,加强与研发机构和厂家的沟通,不断提高专家系统的诊断能力。此外,面向智能电网的建设,有必要提高在线监测系统的智能化水平,为智能电网实现电网自愈和智能化检修提供数据信息。

4.3 加强在线监测装置的管理

在线监测系统投入运行后,必须编写相关运行规程,将其纳入生产设备日常管理,规范其储存、使用、通信、数据分析和维护等管理制度。设备厂家要充分掌握监测设备的实际运行情况,建立高水平、反应快的管理与维修机制,不断改进和完善监测装置性能。

4.4 注重在线监测系统应用的技术经济比较

开展在线监测的目的是及时掌握设备的真实状况,切实提高供电可靠性,而不是盲目地“赶时髦、装门面”。因此,在选择在线监测或带电检测的仪器或系统时,应从实际出发,优先考虑那些影响面大的设备或易于出现故障进而可能严重影响供电可靠性的设备。

每种监测方法或仪器,无论是监测电气量还是非电气量,往往都各有优点及缺点;有些情况下既可选用集中式装置,也可选用分散式、便携式装置,两者各有其优缺点。因此,对在线监测设备进行具体选型时,应进行技术经济比较,根据设备特点,综合考虑事故发生的概率,事故造成的损失,监测设备的成本(监测设备的寿命比被测设备寿命短)和维修成本,以及监测成功的概率。根据需要决定在线监测装置的投入规模,以提高监测系统利用率。

在国外,一些发达国家对于在线监测系统的投入非常重视监测系统的利用率,首先分析被测设备的重要性、所处的运行状态容易引起的故障类型及可能造成的经济损失,然后决定监测参量和投入监测系统的规模,最大限度地提高监测的有效性。在国内,由于管理机制的问题,一些在线监测装置的投入不是很合理。但一些监测装置的选择也体现了技术经济性考虑的合理性。例如,GIS局部放电在线监测系统十分复杂,价格昂贵;而便携式局部放电检测设备价格则相对经济划算。清华大学的超高频(UHF)便携式局部放电检测装置应用已近20年,应用于国内外几十个变电站和5个大高压开关厂,取得了丰硕成果,从经济上考虑还是比较合算的。

5 结语

经过数十年的研究和实践,目前输变电设备在线监测及带电检测技术已经呈现出快速发展的趋势,部分成熟产品正逐渐向电网设备推广和应用,并涵盖了主要的电气设备。然而,在线监测及带电检测是一项复杂的系统工程,有些技术尚不十分成熟,因此,在输变电设备在线监测及带电检测装置的开发应用过程中,要根据设备的具体运行状况,对设备监测具体数据进行综合分析,提高监测系统数据分析判断的准确性。这对于提高电网运行水平,促进检修模式的转变,以及状态检修的完善具有重要意义。

参考文献:

[1] 许晓慧.智能电网导论[M].北京:中国电力出版社,2009.

XU Xiao-hui.Introduction of smart grid[M]. Beijing: China Electric Power Press,2009.

[2] GB/T 7252—2001. 变压器油中溶解气体分析和判断导则[S].

GB/T 7252—2001. Guide to the analysis and the diagnosis of gases dissolved in transformer oil [S].

[3] 朱光伟,张彼德.电力变压器振动监测研究现状与发展方向[J]. 变压器,2009,46(2):23-24.

ZHU Guang-wei,ZHANG Bi-de.Research status and development orientation of the vibration monitoring of power transformer [J]. Transformer,2009,46(2):23-24.

[4] 傅坚,徐剑,陈柯良,等.基于振动分析法的变压器在线监测[J]. 华东电力,2009,37(7):1067-1069.

FU Jian,XU Jian,CHEN Ke-liang,et al.On-line transformer monitoring based on vibration analysis[J]. East China Electric Power,2009,37(7):1067-1069.

[5] 程锦,李延沐,汲胜昌,等.振动法在线监测变压器绕组及铁心状况[J]. 高电压技术,2005,31(4):43-46.

CHENG Jin,LI Yan-mu,JI Sheng-chang,et al. Application of vibration method on monitoring the winding and core condition of transformer[J]. High Voltage Engineering,2005,31(4):43-46.

[6] 周存和.关于电容式电压互感器测量谐波电压的问题[J]. 电力电容器,2006,27(2):43-45.

ZHOU Cun-he.Some problem about the harmonic voltage measurement by capacitor voltage transformer[J]. Power Capacitor,2006,27(2):43-45.

[7] 郭天兴,王玉桥,刘海,等.国内外电流互感器的发展现状[J]. 电力电容器与无功补偿,2008,29(1):4-6.

GUO Tian-xing,WANG Yu-qiao,LIU Hai,et al.Development status of high-voltage current transformers at home and abroad[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation,2008,29(1):4-6.

[8] 郭克勤,刘翔,陈鹏,等.电容式电压互感器传递过电压试验研究[J]. 电力电容器与无功补偿,2009,30(4):25-28.

GUO Ke-qin,LIU Xiang,CHEN Peng,et al. Study on the transfer overvoltage test of capacitor voltage transformer[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation,2009,30(4):25-28.

[9] 赵建洲,尚耀辉,王宁,等.一种具有不平衡电流保护功能的电流互感器[J]. 电力电容器与无功补偿,2009,30(4):40-43.

ZHAO Jian-zhou,SHANG Yao-hui,WANG Ning,et al.A kind of current transformer with unbalance current protection[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation,2009,30(4):40-43.

[10] 曹宇亚,申忠如,任稳柱.介质损耗带电检测数字化处理方法的研究[J]. 高压电器,2000,36(3):17-19.

CAO Yu-ya,SHEN Zhong-ru,REN Wen-zhu. Study on the

- igital treatment methods of the hot-line monitoring of dielectric loss[J]. High Voltage Apparatus, 2000, 36(3): 17-19.
- [11] 张金波, 范梅荣, 王 俊, 等. 氧化锌避雷器检测方法的研究[J]. 电工技术, 2005(9): 17-19.
- ZHANG Jin-bo, FAN Mei-rong, WANG Jun, et al. Study on the detecting method of zinc oxide arresters[J]. Electric Engineering, 2005(9): 17-19.
- [12] 洪贞贤, 金向朝. 电容器组 CT 保护用避雷器爆裂原因分析[J]. 电力电容器与无功补偿, 2008, 29(5): 51-53.
- HONG Zhen-xian, JIN Xiang-chao. Analysis of the blowout reasons of the neutral MOA for protection of the neutral ct in capacitor bank[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2008, 29(5): 51-53.
- [13] 胡 涛, 刘海峰, 杜大全. 550 kV 罐式断路器局部放电在线检测[J]. 高压电器, 2007, 43(4): 378-380.
- HU Tao, LIU Hai-feng, DU Da-quan. Online detection of partial discharge for a 550 kV tank breaker[J]. High Voltage Apparatus, 2007, 43(4): 378-380.
- [14] 加腾勇, 李祥忠. 以叠加直流电压带电检测电缆老化的方法[J]. 电线电缆, 1990(4): 45-46.
- JIA Teng-yong, LI Xiang-zhong. Hot-line detecting method of the cable aging with the superposed DC voltage[J]. Wire & Cable, 1990(4): 45-46.
- [15] 赵 深. 红外检测技术在电力设备带电监测中的应用实例[J]. 电力设备, 2008, 9(12): 69-71.
- ZHAO Shen. Application examples of infrared detecting technologies in the on-line monitoring of electric equipment [J]. Electrical Equipment, 2008, 9(12): 69-71.
- [16] 刘云鹏, 夏巧群, 李凌志. 基于泄漏电流检测和红外成像技术的 MOA 故障综合诊断[J]. 高压电器, 2007, 43 (2): 133-135.
- LIU Yun-peng, XIA Qiao-qun, LI Ling-zhi. The synthetic diagnosis for MOA fault based on leakage current detection and infrared thermography technology[J]. High Voltage Apparatus, 2007, 43(2): 133-135.
- [17] 张淑静, 刘志林, 车传强, 等. 紫外成像技术在变电站带电检测中的应用[J]. 内蒙古电力技术, 2006, 24(6): 26-27.
- ZHANG Shu-jing, LIU Zhi-lin, CHE Chuan-qiang, et al. Application of ultraviolet imagery technology in substation live line inspection[J]. Inner Mongolia Electric Power, 2006, 24(6): 26-27.
- [18] 赵 红, 李 军. 青海省电力公司输变电设备在线监测、带电检测工作开展建议[J]. 青海电力, 2008, 27(增刊): 1-3.
- ZHAO Hong, LI Jun. Suggestion of online monitoring and live detection work for transmission and distribution equipment in qinghai electric power company[J]. Qinghai Electric Power, 2008, 27(Supplement): 1-3.
- [19] 彭 波, 陈俊武, 周志成, 等. 基于无线传输的不良绝缘子检测系统研究[J]. 高压电器, 2007, 43(4): 310-312.
- PENG Bo, CHEN Jun-wu, ZHOU Zhi-cheng, et al. Study on on-line monitoring system based on wireless communication for faulty insulators[J]. High Voltage Apparatus, 2007, 43 (4): 310-312.
- [20] 张晓春. 输变电设备在线监测技术在云南电网的应用[J]. 云南电业, 2009 (9): 37-38.
- ZHANG Xiao-chun. Application of on-line detection technologies on transmission and distribution equipment in Yunnan electric network[J]. Yunnan Elecceric Power, 2009 (9): 37-38.
- [21] 刘鸿斌, 刘连睿, 刘少宇, 等. 输变电设备带电检测技术在华北电网的应用[J]. 华北电力技术, 2009(8): 35-37.
- LIU Hong-bin, LIU Lian-rui, Liu Shao-yu, et al. Application of on-line detection on transmission and distribution equipment in north china grid[J]. North China Electric Power, 2009(8): 35-37.
- 王少华(1981—), 男, 博士, 工程师, 主要从事高压输电线路外绝缘研究工作。

简 讯

中科院、通用电气等签署智能电网技术标准合作备忘录

国家电网公司、中国科学院、通用电气公司经友好协商, 共同签署了智能电网技术标准工作战略合作备忘录, 三方将按照平等互利、优势互补、合作共赢的原则, 以实现资源优势互补、服务社会发展、成果经验共享为目标, 共同推动智能电网标准化建设。

根据合作备忘录, 三方将在电动汽车充放电、大容量储能系统并网、传感器相关技术、分布式电源与微电网等智能电网相关技术领域, 就标准化工作共同开展合作, 包括开展技术交流、联合举办技术标准研讨会、合作提议新的国家标准或国际标准等。

据悉, 国家电网公司、中国科学院、通用电气公司将建立负责三方合作工作的协调小组, 领导和协调具体合作工作的开展。协调小组将根据需要不定期召开协调工作会议, 研究重大合作事项, 检查、总结并部署合作相关工作。