

[电气设备]

电气设备在线监测及状态检修技术研究

文/陇南智创电力工程有限公司 孙有德

电气设备的损耗超过一定程度，容易导致故障的出现。为了保证电气设备正常运行，需要深入分析异常状态，做好全方面监测工作，及时采取状态检修措施，防止故障引起较大的损失，并让所有设备能够真正发挥作用，保证工效的大幅度提升。主要结合电气设备运行状态，介绍了电气设备在线监测及状态检修等措施的具体应用。

电气设备运行是否可靠与安全，对整个电力系统的稳定有极大影响。电气设备是否能正常运行，对供电和配电等具体流程均有较大影响，因此要做好电气设备的在线监测和状态检修等工作。通过对电气设备的有效分析与监测，真正达到杜绝安全隐患的目的，既能提高设备利用率，也能延长电气设备的使用寿命。随着电力工业与科学技术的不断发展，对电气设备安全监测指标提出了更高要求，利用先进科学技术，能够高效地进行设备检修与实时监测，使电气设备更加可靠。同时，对电气设备进行监测与检修，能够让电气设备在运行时获得良好的环境条件。

电气设备在线监测技术

1. 在线监测主要内容

电气设备在线监测的主要内容。当设备处于工作状态时，重点测量各种运行参数，包括电容量、电流及介质损耗因数等，从而反映电气设备是否出现运行故障。从监测原理上分为两大类：一是硬件系统的相位差测量，常用方法为过零相位比较法，即对电流、电压信号进行过零整形后，能够产生过零反转的方波电流与电压，通过或门电路对比其过零时间差方波宽度，将方波宽度读出后，结合实际

信号将介质损耗因数计算出来；二是通过专门的软件检测信号是否出现变化，并实现测量信号的数字化处理，常用的方法是谐波分析法，即采用电流互感器对电流信号进行检测，采取滤波与程控将信号放大，在采样后获得离散数字信号。通过计算机实现傅里叶变换后，可以获得基波傅里叶系数，将基波相位差计算出来，从而确定介质损耗因数。

2. 在线监测常用手段

(1) 运用传感器进行在线监测

在在线监测过程中，各类传感器应用非常多，可以收集电气设备大量且完整的运行信息数据。近年来传感器发展较快，能够满足在线监测要求，常见的有光传感器、温度传感器和气体传感器等。上述各类传感器可以精准监测电气设备状态，并将其转化为数字信号后完成传输。此外，光传感器技术也逐步应用到电气设备在线监测中，能够有效监测电气设备绝缘子的盐密度。

(2) 运用红外热像技术进行在线监测

物体自身都带有一定温度与能量，能够放射各种红外辐射。这些红外辐射可由红外探测仪获取并处理，形成所需的温度值与热场分布图像。该技术能够在不接触旋转电动机、锅炉高温管道等条件下，有效诊断其测试温度与绝缘方式。红外热像检

测技术的优势主要表现在操作安全等方面。由于红外检测不需要接触电气设备,提升了操作安全性,广泛用于运转设备、架空线路等的检测。该技术也有较高的灵敏度,可以有效分辨设备表面温度,当温差处于 $0.02 \sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内时,能够发现并分析具体设备出现的细微热状态情况。该技术还有极高的诊断与检测效率,可以快速完成对电气设备各项数据的采集,红外热像仪每秒可以获取并存储的温度超过百万点,检测速度极高。借助计算机分析方式,拥有完善的图像分析与处理功能,结合电气设备变化与转改,可以通过计算机完成在线监测与分析处理,针对设备发热现象形成专门的数据信息。由于设备类型多种多样,当面临的温度、环境等因素改变后,获得的数据会有一些的误差。此外,电气负荷、辐射源等也对监测结果有较大影响。

3. 在线监测的具体应用

(1) 高压断路器在线监测

高压断路器在整个系统中非常关键,能够为电气设备提供可靠保护以外,起到制作用,具体工况对电力系统产生的影响尤为重大。在设备出现问题后,能够运用监测与检测功能,全面掌握电气设备运行状态、特性与变化,对电气系统安全提供了保障。在线监测具体工作流程如图1所示,主要监测部位包括设备特性、触头等,也涉及气体密度、泄漏电源、积累开断电流和开断次数等。

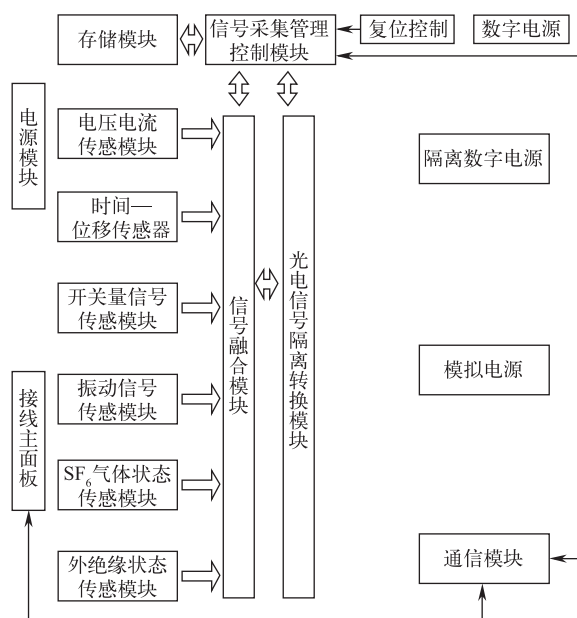


图1 在线监测系统工作流程

(2) 变压器在线监测

变压器处在核心部位,且造价昂贵,运行中极易发生故障,对电力系统以及用户都有较大的危害。变压器在线监测通常有两种方法:一是局部出现放电现象后能够进行有效监测,但是由于电力系统内环境影响因素的存在,导致灵敏度偏低;二是针对油内溶解气体进行的实时监测,但只能判断有无异常,使故障分析与有效应对有相应基础。

(3) 发电机在线监测

发电机在线监测相对复杂,不同于常用手段,能够不间断地对各部位绝缘情况进行监测。现阶段常见手段为针对局部放电情况进行监测,将传感器设置于设备中,再与专门的测试仪保持连通,及时进行放电信息采集,或者是连接放电监测系统,为后续故障处理提供依据。近年来数据采集的相关手段更新很快,特别是对发电机组来说,实现了转子匝间短路问题的监测,能够对转子问题进行全面分析与处理,使发电机组安全稳定运行。

电气设备状态检修技术

1. 状态检修的理论基础

设备状态检修,即采用最新的在线监测与诊断技术来获取设备状态的相关信息,对设备故障问题进行准确判断,并预测设备的有效利用时间。对于状态检修而言,在线监测是重点,通过实时在线监测可及时发现问题,状态检修则是解决问题的核心。状态检修技术需要根据监测结果进行,重点在于检修整个电气系统。状态检修时,应综合利用在线监测结果与故障检修技术,以精准、全面的监测结果为基础,选择相对应的检修技术,从而高效解决问题。制定状态检修策略时,应将在线监测理论与丰富的检修技术经验相融合,进一步丰富电气设备检修理论体系,强化技术能力,这不仅能有效控制电气系统检修所投入的资金,而且还能促进电气设备检修技术迅速发展。

2. 状态检修管理内容

设备的状态检修管理内容包含信息采集、实际状态、风险评估、检修手段、制订检修计划及最终绩效评价等。其中,绩效评价是将状态检修思想与流程相融合,综合所需的检修技术,从而建立完整的检修

评估制度，为状态检修工作提供了科学指导。绩效评价过程中，应基于相关技术标准、方法与程序，客观评价与分析电力系统中电网设备工作效率情况，从而实现动态管理与技术优化。可靠性指标则主要包含了110（66）kV以上变压器、高压断路器、电缆系数、停运率、强迫停运率及非计划停运率等。通过绩效评价的方式，有助于进一步优化辅助决策，主要针对不属于状态检修管理范围的全部电力系统。状态检修系统包含了设备台账、设备运行、监测检修及测验评价等内容。决策辅助系统不只专门针对在线监测与状态检修，还统领电厂全部检修管理系统。借助这一系统，可综合、全面地评价分析电力系统设备健康情况及工作环境，根据分析结果选用恰当的风险预测与检修评价技术。

3. 状态检修的实施

（1）主变压器的状态检修

检修变压器的状态，可有效防止变压器出现突发状况，也可避免盲目解体检修的行为。同时，在保障变压器安全运行、增加使用时间及保证可用率等环节发挥着不可替代的作用。状态检修时，要重点关注变压器绝缘是否老化、使用寿命等情况，然而短期或长时间急救、负载无疑是增加了变压器寿命损失计算的复杂性，无法掌握其真实情况。判断分析近区短路时，因10 kV变电站无故障录波装置、10 kV配电线路巡线措施不到位，使得一些线路出现问题却无法明确故障，难以分析判断是否为近区短路故障，也难以准确掌握短路电流值。针对变压器相关设备，尤其常见的MR有载调压开关，目前尚未开发出可行的检测与评估方法。现阶段，电力系统十分注重电压的稳定性以及无功功率的调节，如此必然会增加开关调整次数，一天高达数十次，且不断延长运行年限，上述内容均要对开关检修，尤其是要科学地规定开关油质状态评估方法。对具体操作过程来说，应以状态检修为主，如实收集与汇总各种处理方法，为状态评估提供可靠依据，这些都离不开计算机网络和分析软件。

（2）断路器的状态检修

采用各种方法评估或诊断正在运行期间的断路

器是否处于健康状态，从而进行有效干预，来确保设备稳定运行。对于断路器而言，动、静触头和周围绝缘物（吹弧道、隔板及喷嘴等）的烧损程度直接关系着其灭弧、载流等情况。针对出现故障的断路器，开断电流、燃弧时间等是导致触头出现烧损问题的主要因素。对于单次开断来说，燃弧时间无法控制，往往在某一区间不断变化。然而，实验结果表明：反复开断后，其平均燃弧时间较为接近，从累积角度分析，对于燃弧时间出现分散情况而言，不确定性带来的干扰较小。对于断路器寿命，累计开断电流值是影响的关键参数。另外，断路器往往出现需要分合负荷电流情况，有的地方依然将断路器作为负荷开关，对于断路器来讲，开断负荷电流烧损情况较为轻微。针对这一状况，需要确定分合负荷电流次数，开断负荷电力的频率达到规定要求时，便要进行检修；若尚未具备机械故障诊断预知等功能，则均以开断次数为状态检修的主要依据。在线检测断路器主要表现为：分合闸的情况下，行程与时间特性的曲线可全面完成操作机构的检测；操作线圈电流、电压波形重点用于判断分析拒动、误动故障；对绝缘电流进行有效检测，将绝缘状态作为分析依据；红外测温重点检测连接板发热现象，瓷绝缘子是否存在裂缝问题；对动态、静态回路电阻进行分析，其目的在于检测出触头是否存在烧损状况；对SF₆气体泄漏率和微水进行重点分析。

（3）送电线路的状态检修

运行机构应从线路设计、基础建设、经济效益及安全性等方面综合分析，相关线路在建设之前进行严格审查，相关单位对使用年限计算时应全面分析经济情况，为将来系统安全运行予以技术保障。线路在建设过程中，最好选择科技性好、维护量较低的线夹或防振锤等。绝缘方面最好选择劣化率不超出规定标准、维护次数较少的防污玻璃绝缘子或合成绝缘子，以此来增加防振锤等维护与更换时间，有效地降低工作量，提高最终维护效果。EA

（收稿日期：2022-01-14）