

电厂高压电气设备绝缘预防性试验研究

姜大昆

天津蓝巢电力检修有限公司

[摘要]发电厂电气设备技术监督工作的主要内容就是根据有关规程按试验周期和试验标准对高压电气设备进行预防性试验。在电厂的电力系统中,包含的高压电气设备有发电机、电力变压器、互感器、套管、断路器、避雷器等。进行绝缘预防性试验,可以直观地发现这些设备的绝缘性能是否良好。如果确实存在绝缘缺陷,也可以第一时间采取相应的处理措施,以免运行中的设备绝缘在工作电压下或过电压下击穿造成事故,影响水电厂的安全生产。在绝缘预防性试验中,试验人员除了要严格遵守《电力设备预防性试验规程》技术规范外,还要注意保证试验本身的安全,以及如实、准确记录试验数据,增强绝缘预防性试验的安全性。

[关键词] 高压; 电气设备; 绝缘试验

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.10.2178

高压电气设备在电网中运行时,如果其内部存在因制造不良、老化以及外力破坏造成的绝缘缺陷,会发生影响设备和电网安全运行的绝缘事故。因此,在设备投运后,要定期停电进行预防性试验和检修,以便及时检测出设备的绝缘缺陷,防止发生绝缘事故。要消除潜伏性故障和缺陷,尽可能地减少停电损失,就要对现行的预防性维修制进行根本的变革,采用设备绝缘在线监测及诊断技术。

一、绝缘在线监测技术

1、绝缘在线监测技术的发展。绝缘在线监测技术的发展大体经历阶段①带电测试阶段。这一阶段起始于70年代左右。当时人们仅仅是为了不停电而对电气设备的某些绝缘参数(如泄漏电流)进行直接测量。设备简单,测试项目少,灵敏度较差。②从80年代开始,出现各种专用的带电测试仪器,使在线监测技术从传统的模拟量测试走向数字化测量,摆脱将仪器直接接入测试回路的传统测量模式,取而代之的是使用传感器将被测量的参数直接转换成电器信号。③从90年代开始,随着计算机技术的推广使用,出现以计算机处理技术为核心的微机多功能绝缘在线监测系统。利用计算机技术、传感技术和数字波形采集与处理技术,实现更多的绝缘参数在线监测。这种在线监测信息量大、处理速度快,可以对监测参数实时显示、储存、打印、远传和越线报警,实现了绝缘在线监测的自动化,代表了当今绝缘在线监测的发展方向。

2、绝缘在线监测基本原理。高压电气设备绝缘在线监测技术是在电气设备处于运行状态中,利用其工作电压来监测绝缘的各种特征参数。因此,能真实的反映电气设备绝缘的运行工况,从而对绝缘状况作出比较准确的判断。高压电气设备绝缘在线监测主要检测参数是电气设备的介损值,其测量原理大都使用硬件鉴相既过零比较的方法。目前的绝缘在线监测产品基本都是用快速傅立叶变换(FFT)的方法来求介损。取运行设备PT的标准电压信号与设备泄漏电流信号直接经高速A/D采样转换后送入计算机,通过软件的方法对信号进

行频谱分析,仅抽取50HZ的基本信号进行计算求出介损。这种方法能很好地消除各种高次谐波的干扰,测试数据稳定,能很好地反映出设备的绝缘变化。对于设备物理量(如变压器油温、气体含量等)的在线监测则是通过置放传感器探头的方法采集信号,并转换成数字信号送入计算机分析处理。

二、高压电气设备绝缘预防性试验的方法

1、非破坏性试验

(1)绝缘电阻测试。该测试是一种较为常见且操作比较简单的试验。通过该试验,让技术人员能够更加直观的掌握变压器、开关装置等设备的绝缘电阻,进而判断绝缘性能是否良好。参考《电力设备预防性试验规程(DL/T 596)》中的相关规定,试验测量出来的绝缘电阻值,若达不到规定值的2/3,即视为绝缘不达标,需要进行修复或更换。试验人员首先选择测试仪器,主要是兆欧表,可以根据待测设备的额定电压,来确定兆欧表的测量范围,对于高压电气设备的绝缘电阻测量,通常采用的是2500V或5000V兆欧表进行测量。测量前,应检查兆欧表在检验有效期内。确认兆欧表及被试设备均符合测量条件后正常后,开始进行高压电气设备绝缘电阻的测试。测量时,兆欧表的接线柱E端及被试设备的非被试相先接地,兆欧表的接线柱L端与被试设备相连。打开兆欧表电源,选择合适的电压档位,按测试按钮,待兆欧表电压输出正常后读取15s及60s时的绝缘电阻值,必要时还应读取10min时的绝缘电阻值。试验结束后,被试设备充分放电后方可拆线或进行下一个试验项目。将实测绝缘电阻值与该高压电气设备的历史数据进行对比(同等温度、湿度条件下),如果实测绝缘电阻值明显偏小,则说明存在绝缘老化、磨损等问题。然后根据两者的差值决定是否更换绝缘材料。

(2)泄漏电流测量。无论何种材料,在施加电压且形成通路后,就会有电荷在正负极之间流动,形成的电流泄漏电流。根据测量结果,判断材料的绝缘性能。简单来说,待测设备绝缘性能较好,则V-I曲线中,V与I为线性关系;反之,待测设备绝缘性能较差,V-I曲线中,V与I为非线性关系,且

随着V的增加，I会表现出猛增的趋势。在试验的过程中，可以保证对电压的有效调节，相对来说适用性较好，能够适用于大多数规格的高压电气设备测试工作。同时，在对电压等级进行有效调整之后，还可以保证对绝缘材料性能的准确评估，可以快速发现绝缘材料中存在的缺陷问题。

(3) 介质损耗因数 $\tan \delta$ 值的测量。对于电厂电气系统中的变压器、互感器等设备，在运行一段时间后，绝缘性能会因为介质损耗而出现不同程度的下降。只有准确掌握绝缘损耗情况，才能及时采取相应规定处理措施。其中，测量介质损耗因素 $\tan \delta$ 值，就是常用的测量方法之一。当然，并不是所有高压电气设备都适合进行 $\tan \delta$ 值测量。例如电机这类体积较大、容易发生集中性缺陷的设备，测量所得 $\tan \delta$ 值与实际情况有较大误差；相反，对于套管这类体积较小的设备，测量结果相对精准。基于测量所得的 $\tan \delta$ 值，不仅让技术人员掌握绝缘性能，还能够通过对比历史数据，观察 $\tan \delta$ 值变化曲线，为绝缘保护提供了必要的参考。

2、破坏性试验

(1) 直流耐压试验。在电厂的电气系统运行中，电压存在波动现象。进行该试验，旨在检验高压电气设备可以承受的瞬时最大电压峰值。在试验中，先使用变压器提供较大的电压，让待测设备的绝缘缺陷暴露出来。在试验操作中，经常会采取与泄漏电流试验联合开展的方法，不仅可以更加直观的掌握绝缘缺陷的存在位置，而且不会造成绝缘破坏，因此实用性和经济性更好。当然，直流耐压试验也有自身的不足，例如测试结果的误差较大，可能会影响试验人员对高压电气设备维修的判断。相比之下，交流耐压试验的结果更加接近于实际值。

(2) 交流耐压试验。电厂电气系统中的一些高压电气设备，在日常运行中可能会受到高温、磁场、电场等复杂环境的影响，设备故障发生率会有不同程度的增加。对高压电气设备绝缘强度进行测量时，该试验也是一种十分常见的技术方法。其操作要点是：将待测设备进行预热，时间大约为5min。试验人员根据待测设备的额定电压，调节变压器，使试验电路的电压达到额定电压。然后通过仪器读数，获取泄漏电流值。如果该数值明显超出标准范围，则说明绝缘材料存在问题。交流耐压试验的优点较为明显，例如所需设备简单，便于携带，适用的场合更多，为耐压试验的开展提供了便利。还有就是便携式交流工频耐压仪支持自动校准功能，保证了电压值的准确性。

三、高压电器设备绝缘预防性试验的注意事项

1、试验前的准备事项。电厂开展高压电器设备的绝缘预防性试验时，应严格履行工作票手续，大型试验应编写相应试验方案经厂内负责生产的领导批准。工作负责人要根据待

测高压电气设备的类型，明确试验操作规程，并且要求试验人员仔细阅读，留心试验的具体要求，知晓试验的危险点及安全注意事项，保证试验顺利完成。同时，做好试验所用仪器、设备的准备。如上文所述，在绝缘电阻测试中，会使用到兆欧表；在泄漏电流测试中，会使用到微安表；在耐压试验中会使用到变压器等等。在试验准备环节，工作人员需要提前梳理一遍操作流程，并且明确所用仪器、设备的数量、型号。在此基础上，还要检查这些设备是否正常使用，仪器的灵敏度、量程、倍率是否符合要求。经过仔细检查确定不存在问题后，以备试验使用。除了上述准备事项外，还要对试验场地进行科学布置，例如相互带电的设备，必须要保持一定的间隔距离。如果因为场地空间限制，无法保持安全距离的，需要在设备中间使用绝缘材料进行分割。

2、试验中的技术要点。在完成上述准备事项后，现场人员需要对试验所涉及的安全措施做认真仔细的检查后，方可开展绝缘预防性试验。不同试验项目的操作规程、技术要点和试验环境等方面，存在一定的差异。这也就意味着试验人员必须明确各个试验的特点，并且在具体试验中，采取严格的控制措施。例如，试验开始前，必须保证所有设备已经被隔离，试验工作票所列安全措施已执行完毕，直流耐压试验前后，试验人员都需将被试设备进行充分放电，并测量绝缘电阻值，试验过程中严格执行呼唱制度，这样就可以保证试验操作的安全，有利于试验的顺利完成。在绝缘预防性试验中，要求至少有2人以上同时参与试验，并且将工作任务进行细分，责任落实到个人。

随着电厂中所用高压电气设备的数量和种类增加，开展绝缘预防性试验的必要性和紧迫性也在不断的提升。从试验项目上来看，常见的有绝缘电阻测试、泄漏电流试验，以及直流/交流耐压试验等。为了试验安全开展并取得精确试验结果，要熟练掌握不同试验项目的操作规程、技术要点，养成严谨、细致的试验习惯。同时，还要做好试验前的准备工作，加强试验中的技术控制，才能保证绝缘预防性试验高效、安全的完成。随着技术的创新发展，今后将会有更多新型高压电气设备在水电厂的电力系统中投入使用，这也要求试验人员不断学习，通过高标准完成绝缘预防性试验，保证水电厂各类高压电气设备的安全运行。

参考文献

- [1] 苏鹏声, 王欢. 电力系统设备监测与故障诊断技术分析[J]. 电力系统自动化, 2019(1): 61~65.
- [2] 罗光伟, 电气设备绝缘在线监测系统[J]. 电工技术杂志, 2018(13): 7~9.
- [3] 黄凯, 张晓艳, 周昶宇, 李朋. 电气设备的高压试验探讨[J]. 科技与企业, 2019, 25.