

浅谈电力变压器高压电气试验的技术要点

韩康 杨刚 占敏 邓沛

国网湖北省电力有限公司孝感供电公司

摘要:随着电力行业的快速发展,保证电力系统的安全性与可靠性显得尤为重要,相关部门以高压电气试验技术为辅助,以电气设备为对象,实施全方位监测,针对其中问题提出解决措施。电力变压器作为电力系统重要设备,其自身性能的好坏对电力系统能都正常运行起关键性作用,在电力变压器的高压试验过程当中,相关试验人员需要开展各种试验项目以便发现各类缺陷故障,并采取有效的处理措施,避免由于试验不当而出现相关问题。基于此,本文主要分析了电力变压器高压电气试验的技术要点,为电力系统安全稳定运行提供有力支撑。

关键词:电力变压器;高压电气试验;技术要点

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2023.11.235

引言

社会发展和进步需要巨大的电力能源支撑,这对电力企业提出了更高的要求,同时也对电气设备性能提出了更高要求。高压电气试验技术的应用,需要做好充分的准备工作,控制好安全距离,开展电气绝缘试验,就电气试验故障加以正确处理,提升人员操作水平,保证操作的规范化,从而优化电力系统及设备的运行状态,保障电力企业整体经济效益。因此,应对相关规范标准予以严格遵循,深入分析问题的产生原因,不断强化试验结果的精准无误,从而为电力系统的发展提供支持。相信在明确了相关的问题之后,广大的工作者一定能从中吸取经验,带领电力系统朝着合理、高效的方向发展。

一、变压器结构

变压器是一种静止的电气设备,不仅可以将高电压变为低电压,以满足各级用户需求,也可将低电压变为高电压,将电能运送到需电区域。要想对变压器故障研究模式建立出比较科学的分析体系,首先要了解变压器的结构与机器发生故障的规律。变压器由两部分组成,分为本体和附件。本体由器身、绝缘油、油箱这几部分组成,冷却系统、保护测试装置、套管和有载分接开关等组成了变压器的附件。

二、变压器故障类型

(一)铁芯故障

变压器能否正常使用和铁芯品质有着极大的关系,铁芯是传递与交换能量的重要介质。根据实践经验表明,磁路内部故障始终处于高发状态,即在铁芯与铁轭等位置,主要表现是局部过热以及悬浮放电。其中,前者一般是由于铁芯过度接地、磁饱和和局部短路等原因造成,后者则是由于接地不充分与接地片熔断导致。

(二)放电故障

根据放电密度不同可分为低能量放电、高能量放电和局部放电,三种放电既不相同又相互联系。局部放电是另两种的预兆,也可理解为高能放电和低能放电是

产生局部放电后的必然结果,区别在于放电等级不同,产生气体也不同。

(三)引线故障

变压器内部结构中引线相对脆弱,又是极为关键的组件,是内外连接的介质,其接头是焊接制造。在引线外侧进行绝缘包扎处理,防止引线出现接触与短路方面的异常,因此绝缘效果与焊接质量都可能影响引线状态。在出厂试验中如果发现引线故障,应当考虑短路、断路与接触方面的原因^[1]。

(四)绕组故障

绕组主绝缘部位与匝间绝缘部位很容易出现故障。高、低压绕组发生绝缘膨胀会导致油道阻塞,影响散热。散热不好导致绕组在高温下发生老化,在变压器内部形成绝缘缺陷。如果发生电压波动,会导致绝缘击穿、击穿短路,另外绝缘击穿也可能是建造变电站时防雷装置不完善或大气过电压导致的。长期的运行状态同样使绕组老化造成脆裂,降低抗电强度。

三、高压电气试验分析

高压电气试验是对电力设备和系统在极限工作电压下进行的一种测试。高压电气试验的主要目的是验证电力设备和系统的安全性和可靠性,这种测试通常在电力设备和系统投入使用前进行,以确保它们在实际工作中能够安全、可靠地运行。高压电气试验的过程通常分为3个主要阶段。首先,对设备进行彻底检查并确保其处于良好工作状态,同时,安装好所有必要的测量设备。其次,逐步提升测试电压至试验电压,同时持续监测设备的关键参数,如电流、电压和温度等。最后,根据试验数据进行记录与分析,从而评估设备的性能和安全性,并总结试验中出现的主要问题及解决方案。高压电气试验可以帮助相关人员了解电力设备在高压环境下的工作情况,并检测潜在的故障和问题。通过进行高压电气试验,可以确保电力系统的正常运行,预防事故的发生,并保证供电的可靠性,保证电力系统的正常运行,为人们的生活和工作提供稳定可靠的电力供应。

四、电力变压器高压电气试验技术要点

高压电气设备作为变电站稳定运行的重要结构,设备检测对变电站发展意义重大。高压电气试验是检测电气设备的主要手段,可评估高压电气设备安全性能、运行状态、绝缘性,帮助变电站排查高压电气设备的安全隐患。但随着社会科技水平的提升,传统电气试验仪器逐渐落后,无法满足高压电气设备检测需求,因此需要通过技术改进,升级电气试验仪器,确保高压电气设备检测结果的可靠性。

(一) 试验准备工作

在实际工作中,应落实前期准备,以顺利开展试验工作。预先检查不同类型电气设备,结合实际出发,就可能发生的停电状况进行预测,把控好相关数据,例如停电范围、持续时间等,创造条件以便顺利开展电气设备检验工作。以试验工作选择为辅助,保证其使用状态良好,提高仪表准确性,以满足高压电气试验的实际需要。针对二次绕组,应仔细检测端子接地问题,明确被测电压实际状态,基于正常标准做出判断,采取电流测量模式,规范装接地线,为试验工作的顺利开展创造条件。

开展试验检测之前,要对被测设备的操作和现场进行全面的勘察,对影响试验结果的各种不确定因素和安全隐患进行全面的排查,并对电气设备的连接状况进行调查。同时,要特别注意引线、绝缘带等关键元件的安全,以保证引线全部断开,绝缘带完全拆卸,以避免增加绝缘损失,保证高压电气测试的正确性,并保证电气的工作性能。另外,要合理地缩短启动测试时间,严格遵循短路、空载、励磁调节器、零启升压和核相加载的顺序进行电气启动实验,以达到节省试验成本、提高测试效率的目的。为了确保仪器的正常使用,测试人员可以通过选定的测试工作来测量仪器的精确度^[2]。

(二) 试验条件

开展电力变压器高压试验期间,为了确保试验结果的精准性、可靠性,需要在试验过程中充分控制试验条件。试验技术人员需要结合变压器的型号、规格等明确变压器的通电标准。变压器所用绝缘材料的性能和温度之间存在较大关联,对此,在进行试验时,需要严格控制变压器所处环境的温度、湿度等因素。一般情况下,温度越高,变压器绝缘材料的绝缘性能越差。此外,在试验期间,还需要控制环境中的粉尘、气体等物质,避免影响变压器绝缘性能,提升试验结果的精准性。技术人员在试验时需要选择综合性能较好的设备进行试验,避免变压器在断电后的试验对其造成较大影响^[3]。

(三) 试验内容

(1) 绝缘电阻的测量

变电站高压电气试验期间,电阻试验方法是针对变

压器线圈直流电阻的测试试验,具有检测变压器内线路接头安全的作用。相关人员可通过实验结果发现该类设备的既存问题。主要试验方法为电桥法,设备电阻值小于100Ω时,则可选用单臂电桥法,电阻值大于100Ω,试验方法为双臂电桥法。

(2) 变压器局部放电试验

分析局部放电的原因,其复杂性特点显著,在其原因方面,主要是因为设备绝缘的缺陷和故障较为严重,在高压运行状态持续化进行过程中,绝缘反复击穿等问题难以避免。而且在局部放电中,主要侧重于击穿绝缘体内部的空气。另外局部放电与静电两者有着较多相近的地方,不易产生过多的热量,局部静电,很难威胁到电气设备的绝缘强度。但是一旦电气设备的局部放电频率过高,在微小的放电不断积累过程中,难免会威胁到电气设备的绝缘性能,不利于绝缘功能的充分发挥,从而难以保证整个电力系统的安全运行。此外,各种外界因素,也是会影响到局部放电测量工作的,如电源干扰信号等。

(3) 直流电阻

直流电阻试验都是建立在欧姆定律基础上,在被试设备上输入直流电流,从而测量出它的直流电阻。以往经常使用的是单臂电桥或双臂电桥,试验接线后需先调节检流计,使其没有电流通过。现在常使用的为快速直阻仪,可提供多种档位大小的测试电流,接线方式也较为简单。测量直流的电阻一般用于分析断线、分接头出现接触不良、匝间出现短路现象、导线脱焊、断股等故障。在参考相关标准的情况下,每个阶段的测量值需要转换为20℃时对应的值,最后将实际测量值与出厂值和上次试验数据进行比较。

(4) 变比测量

目前,我国电力企业会根据变压器的数值变化调整电压,测试过程中需要在变压器内分别接入电压表、380V电源,随后根据电压表进行试验测量。试验过程中可操作线路开关,读取、记录电压表数值,对比分析平均数值后控制电压,分析电气设备电压的稳定性。

(5) 介损试验

变电站内的很多电气设备会长期处于室外环境中,温度、湿度都会影响设备,造成设备损耗。介损试验是在屏蔽高压线路端口的基础上,通过利用低反线路接线,连接低压线路芯线,使线路上的信号接入高压端口,随后根据线路上电压、电阻、电流值确认设备结构的损耗情况,检查其本身结构有无老化、磨损情况。

(6) 短路试验

变压器短路试验用于测量其短路损耗和阻抗电压,对于变压器参数计算和故障诊断具有重要作用。在变压器短路试验时,对于有分接开关的调压变压器,加压绕

组和短接绕组均应将分接头调至最高档位，未加压绕组的短接线与变压器应接触良好，导线及其接触电阻的总电阻应小于被测绕组短路阻抗的0.1%，在短路试验前应将变压器各侧电流互感器二次回路短路，避免二次回路中产生的大电流烧毁保护、测控和计量装置。

(7) 操作波试验

在高压电气试验中，操作波试验也占据着重要的地位，主要通过将变压器低压侧绕组对一定数值的操作电压进行施加，基于电磁感应作用，不断提升高压绕组绝缘件的过电压耐受能力，从而促进相关试验工作的顺利开展。基于实际操作视角，电压波形模拟在电网的内部，如果出现操作失误或故障问题，极易引起超高电压现象，进而降低整个电力系统设备的绝缘水平。同时，由于局部放电的干扰作用较强，极易损坏到电力设备绝缘。而对于这类问题，要想保证结论的准确性，应借助操作波试验，为后续的分析与评估提供可行的依据。

(8) 交流耐压试验

正常情况下，电力变压器上承受的电压为额定电压，但是在雷击、操作或故障等情况下，电力系统中会产生远超额定电压的过电压。从产生过电压的源头分类，过电压分为外部过电压和内部过电压，外部过电压是雷击或雷电感应引起的过电压，内部过电压是电力系统内部能量转换或参数变化引起的，在拉合空载线路、拉开空载变压器和单相弧光接地故障时会产生内部过电压。因此变压器的绝缘不但要符合额定电压的要求，也要符合内部过电压的要求。耐压试验是检验用电设备，如家用电器、医用电气设备、电机、供电设备等承受过电压能力的主要方法。通过此试验能够发现用电设备绝缘的局部缺陷、受潮及老化，以便及时排除安全隐患，保护使用者的安全^[4]。

(9) 其他试验内容

电力变压器试验还包含绕组变形、局部放电试验等内容，通过相关检查，可以对电力变压器的实际性能进行综合评估，切实保证变压器在运用期间的运行稳定性、安全性和效率^[5]。

(四) 试验危险性分析

第一，明确分析电力设备和试验环节，为试验分析提供清晰依据。第二，收集相关信息，如设备结构、工作原理、历史故障记录等，以便全面了解其工作状况和可能的危险因素。根据这些信息，可以识别可能影响电力设备安全的电气、机械、环境等危险因素。这些危险因素需要通过一定的评估方法（如危险性分析公式）进行危险性评估，以确定其对设备安全的具体影响程度。在评估结果的基础上，可以对危险因素进行排序，从而明确处理的优先级。第三，根据评估和排序结果，可以

制定相应的防范措施，并对其实施效果进行跟踪评价。

(五) 工作建议

(1) 合理设置试验电压

高压电气测试过程中，测试结果准确性受到电力装置试验电压影响。为了保障试验结果的准确性，同时保障设备安全，可以在高压电气测试之前，对电压进行合理的设置，也就是根据相关规程标准来确定试验电压值，同时要考虑电压容升效应以及电压损耗的影响。

(2) 科学布置二次绕组

当前在高压电力试验中所碰到的绕组问题主要是TA与TV之间的次级绕组，可以将某一端作为测试目标，同时，通过对剩余端口间的连接进行控制，以保证其接地效果的完整性。可将额定电流控制在一倍以上，并对电器的耐电压系数进行严格的控制，根据电流参量对变压器的电气测试状况进行评估，可从根本上防止TA、TV间二次线圈故障。避免出现接地故障^[6]。

(3) 提高人员技能水平

为了有效保证试验的准确性，最核心的技术在于试验人员，因此在日常工作中要强化培训考核，不断提高电气试验人员专业能力，掌握相关操作技能，熟悉技术规范 and 标准，为深化高压电气试验技术的应用打下坚实基础。

结束语

随着电力系统电压等级的不断提高以及电气设备的不断升级，变电站高压电气设备的作用日益突出。高压电气试验是电气设备在高压条件下进行系列试验，以评估其安全性、稳定性和可靠性的技术手段。高压电气试验技术的应用，能够就电力设备运行参数开展分析，考核电气设备绝缘性，将系统运行中的安全隐患消除，从而提升电力系统整体稳定性。随着科技的不断进步，高压电气试验技术日渐成熟，为电力行业的持续健康发展提供了有力支持。

参考文献

- [1] 贾欢欢. 电力系统高压电气试验技术问题的重要性分析[J]. 环球市场, 2020(16): 174.
- [2] 山伟, 吴博. 浅谈电力系统高压电气试验中技术问题的重要性[J]. 数字化用户, 2019(17): 196.
- [3] 高緬华. 论电力系统高压电气试验中技术问题的重要性分析[J]. 中国科技纵横, 2017(18): 159-161.
- [4] 雷若冰, 张祥帅. 电力系统高压电气试验技术问题的重要性探究[J]. 科技风, 2018(32): 162.
- [5] 赵艳, 贾雁伟, 席明辉. 关于高压电气设备试验的重要性与相关技术问题的探讨[J]. 科技展望, 2016(7): 111.
- [6] 刘定. 电力变压器电气高压试验的技术要点探索[J]. 低碳世界, 2017(22): 83-84.