

浅谈电力变压器高压套管试验技术

付彬

沈阳和新套管有限公司

[摘要] 变压器套管是变压器的重要组成部分,它将变压器内部高、低压引线引到油箱外部,既作为引线的对地绝缘,也起到了固定引线的作用。因此,它必须具有规定的电气强度和足够的机械强度。同时变压器套管是变压器载流元件之一,必须具备良好的热稳定性,能承受变压器正常运行时工作电流产生的长期发热和通过短路电流时的瞬间过热。如果变压器套管存在缺陷或者发生故障,将直接危及变压器的安全平稳运行。为了保证电力变压器能够安全、稳定的运行,必须要针对高压套管开展一系列的现场试验,根据试验结果,判断是否存在质量隐患,进而采取相应的处理措施。现阶段电力行业常用的高压套管试验方法主要分为三种类型,分别是预防性试验、红外检查试验和在线监测试验。本文分别对具体的试验方法,以及试验过程中的注意事项展开简要分析。

[关键词] 电力变压器; 高压套管; 红外检查; 在线监测

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.10.440

引言

目前,在我国电力行业发展的过程中,由于电力变压器高压套管的故障现象时有发生,这不仅对人们的生活和生产有着十分重要的影响,还给社会经济的发展带来了巨大的损失。因此在电力运输的过程中,人们对电力变压器高压套管的运行情况十分重视,高压套管是广泛应用于电抗器、变压器、断路器等电力设备中的材料,主要发挥了绝缘与支撑的作用。高压套管在生产制造、安装使用过程中,可能因为各种因素的影响,而出现不同类型的质量缺陷,例如物理磨损、化学腐蚀等等。一旦高压套管出现质量问题,将会直接影响到电力变压器的正常使用。因此做好高压套管的现场试验尤其必要。随着信息技术的发展,一些新型技术也逐渐应用到这一试验中,例如红外检测试验、在线监测试验等,为进一步获取更加精确和直观的试验结果提供了必要支持。

一、油纸电容型套管的结构原理

当前,在电力行业所使用的电力变压器套管是有很多种的,不同的电力变压器套管自身的功能也存在着非常大的差异,一般的情况下人们在工作中都会采用油纸电容型套管,该套管内部结构当中有多层绝缘的电容芯子,在层间设计要求的位置上夹有铝箔,组成一串同轴圆柱形电容器,以绝缘纸浸以矿物油为绝缘。这样就可以根据设备运行的实际需要,对电场的分布予以适当的调整,此外其还要根据设计的要求在电容芯子加层的位置当中设置铝箔,这样一来也就可以在电容器当中构成一个圆柱形的电容器,这样也就可以很好的保证套筒的使用功能,改善其稳定性。

二、试验的前提条件

1. 试验温度控制在 -20°C — 40°C 范围之内,温度对于各种材料的性质、特性都有或多或少的的影响,电力变压器的绝缘电阻同样也收到温度变化的影响,且大体呈反比例关系。在一定范围内,随着周围温度的升高,变压器绝缘电阻阻值会随之下降,该情况通常只会出现在温度不超过 40°C 的范围内;变压器绝缘电阻阻值会随温度的降低而升高。造成这种现象的主要原因有两个:一方面随着温度升高,绝缘电阻中的微观分子或离子的无规则运动加剧。从而使其阻值降低。

因此,应将温度控制在 -20°C — 40°C 范围内,以保证试验结果的准确性。2. 周围环境湿度不应该高于85%除了受到温度的影响之外,绝缘电阻的阻值还收到周围环境湿度的影响。在高压试验中,通常需要多次数据记录,有时还需反复试验,时间跨度较大,空气湿度越大,将导致测量结果难以准确。为此,应严格控制空气湿度在85%以下。3. 最好采用新的变压器,可以减少由于长时间使用使变压器内部水分较多,引起变压器受潮的影响,从而保证测量数据的准确性。4. 试验中务必要保持变压器的清洁。变压器电绝缘性能是其工作性能的重要影响因素之一,如果在实验中存在气体、污垢、粉尘等,会使变压器的绝缘性能下降,从而影响试验结果。5. 有足够大的保护电阻进行保护,变压器高压试验过后应尽量保证变压器的可用性,因此,为了防止高压试验中出现超出变压器额定电压而使变压器损坏的情况,应有准备足够的保护电阻进行保护。6. 电压控制在一定的范围之内,以保护额定容量的电器,同时保证试验中有良好的散热条件。

三、预防性试验技术

油纸电容型套管在使用的过程中,为了防止电力变压器高压套管出现故障,人们就要对套管采用定期停电的检测试验的方法,来对油纸电容型套管进行预防性试验,从而保障电力变压器的正常运行。油纸电容型套管的试验是对套管进行试验和检查,主要是主绝缘试验和末屏试验,以及其他部件的检查。

(一) 主绝缘试验

主绝缘介损测量用正接法。介损值的增加,很有可能是套管本身劣化、受潮都会引起。而介损值异常变小或负值,可能是套管底座法兰接地不良、套管表面脏污受潮引起,也有可能是介损仪标准电容器受潮等引起。电容量的变化也是预防性试验的重要内容。如果试验结果显示电容量增加,考虑是因为高压套管底部的密封垫圈失效,由于密封效果变差,出现了进水受潮的问题。潮湿的空气或是附着在高压套管内壁上的水珠,引起了放电击穿,主绝缘被烧坏。可以通过检查并更换橡胶垫圈,并重新加固高压套管底座螺丝,恢复良好密封性。如果试验结果显示电容量减小,考虑是因为

出现了漏油。通过检查确定渗漏位置，采取封堵措施后，这一问题可以得到解决。

(二) 末屏试验

对变压器绝缘电阻的测量，在整个变压器压高压套管预防性时间当中有着十分重要的意义。人们可以通过对末屏绝缘电阻数值的相应情况，真实的反映出变压器的外层结构的绝缘水平，以便于人们对变压器主绝缘结构进行防潮处理。测量绝缘电阻，小于1000MΩ时，应测量末屏对地 $t_g \delta$ ，其值不大于2%。末屏介损测量用屏蔽反接法。末屏的绝缘情况反映外层绝缘水平，外层绝缘受潮，将导致主绝缘逐渐受潮。

(三) 将军帽的密封性以及导电杆的接触情况检查

将军帽外面密封圈密封不良时，潮湿的空气进入将军帽里面空腔，使将军帽与导电芯杆连接的内螺纹氧化，导致将军帽与导电芯杆接触不良，容易造成套管将军帽运行中异常发热。有些设计不合理的防雨罩，因与导电芯固定销接触不良处于“悬浮电位”，对瓷套产生高频放电，引起主绝缘介损测试值异常变大。

(四) 检查末屏的接地情况

1. 外接式。末屏通过外部铜片或铜线与套管底座连接，用螺丝上紧，底座接地。外接式比较容易看到接地情况，绝缘试验时，最好不要动末屏端，只拆开底座那端的接地螺丝。注意控制拧螺丝的力度，避免折断末屏金属棒。恢复接地后，建议用万能表检查末屏与变压器外壳的电阻，数值应为零。

2. 内接式。末屏通过接地帽接地，接地帽通过螺纹上紧在套管底座，接地帽内部压紧末屏，底座接地。注意观察接地帽里面是否存在火花放电痕迹。旋开接地帽时注意力度，避免折断末屏金属棒；旋紧时不应使用扳手，而应用手旋紧接地保护帽。接地帽应旋紧，避免里面受潮氧化腐蚀现象。

3. 推拔常接式。末屏通过弹簧直接将外铜套压紧套管底座内壁，底座接地。打开保护帽检查外铜套是否有火花放电痕迹或铜套有变色现象。绝缘试验恢复接地状态时应检查铜套是否活动自如，不能有卡涩，并使用万用表测量末屏对变压器外壳（地）的电阻值，如异常应处理。保护帽应旋紧，避免末屏处受潮，导致末屏接地装置中的金属部件锈蚀，进而造成外铜套与法兰接触面因铜锈存在而出现末屏接地不良现象。

(五) 套管油位和漏油情况检查

油位异常情况变高，必须停电做注绝缘试验，必要时对套管绝缘油进行油中溶解气体色谱分析，检查氢气、乙炔含量是否超标；如果套管油位异常变低，则检查套管是否有漏油现象，一般是将军帽处和末屏处。必要时取油样进行水分含量测试。另外注意，油标管堵塞时会出现假油位现象。

(六) 套管外表异常故障处理

套管安装时有碰上或者制造时有瑕疵，容易是系统内外产生过电压，引起闪络放电；防爆管破损是由于螺栓拧得太紧或者内部发生段落等原因造成的；变压器内装备的呼吸器

下端玻璃管内一般都装有变色硅胶方便试验人员监视呼吸器的呼吸功能。若硅胶变成粉色，则说明变色硅胶不再有吸潮能力。呼吸器也不能调节变压器上方内外压力的平衡。

四、红外线检测技术

(一) 仪器的选用

专业红外检测时，不宜使用红外测温仪（点温仪），而用红外热像仪。

(二) 测试条件的选择

以阴天、多云、夜间或晴天日落2h后为宜，夜间最好，不应在雷、雨、雾、雪气象条件下进行检测。

(三) 仪器的设置

设备的辐射率取0.9，色标温度量程宜设置在环境温度加10K-20K左右的温升范围内。

(四) 测量方法

首先对三相套管进行全面的扫描。然后对异常发热点、重点部位进行重点测试分析。套管的重点扫描部位为三相套管的顶部导线接头处、柱头（包括将军帽处）、瓷瓶柱及末屏处。

五、在线监测技术

1. 完善系统缺陷处理应对措施，以尽快排除故障恢复系统运行。在实际应用中，系统经常出现硬件、软件、通讯问题等等，这些故障往往需要厂家技术人员才能解决，并且原因查找起来不容易，花费时间较长。建议完善缺陷处理应对措施，不断提高系统管理人员和现场巡查人员异常故障的处理应对能力，使检测系统正常工作。

2. 在线监测的数据对绝缘缺陷的判断与传统预防性试验经验数据判断有差异，应综合考虑在线监测的特殊性，提高判断能力。同一套管停电时与运行时的主绝缘介损值不宜简单的等同比较，因为在线监测时设备上所加的运行电压不是单相而是三相电压，且电压值也与停电预试时很不相同；另外还有邻相的影响及杂散干扰，温度、湿度、表面污秽等的情况也会有变化，这些都比停电复杂得多。

3. 特别注意在线三相数据、在线历史数据的对比，有异常时，增加专业巡检次数，争取有停电机会时进行预防性试验项目的试验和检查，必要时，马上停电进行预防性试验。

结语

在我国电力行业发展的过程中，电力变压器高压套管的故障问题频繁发生，这不仅对人们的正常生活有着严重的影响，还给社会经济的发展带来巨大的损失，因此人们就要采用现场试验技术对电力变压器高压套管中存在的问题记性处理。

参考文献

- [1] 陈华刚. 电气设备预防性试验方法[M]. 北京: 水利电力出版社, 1994.
- [2] 张小娟, 黄永清, 贺盛强. 110kV变压器套管介损试验方法[J]. 国外电子元器件. 2008. 16
- [3] 高振国. 变压器套管末屏对地介损损耗测量方法的分析[J]. 内蒙古电力技术, 2003. 21