

杆上配电变压器故障分析与诊断

陆育海

(无锡供电公司配电运检工区, 江苏 无锡 214123)

摘 要: 配电变压器是配电网中最常见的变电设备, 其运行质量直接关系到供电可靠性。本人从杆上配电变压器的工作原理入手, 结合笔者二十多年的抢修经验, 详细分析了杆上配电变压器故障的成因及诊断方法。

关键词: 杆上; 配电变压器; 故障分析

1 概述

配电变压器在运行中因设备本身原因或外部原因造成影响或退出运行的, 一般称之为发生了故障。为了准确判断故障类型、发生部位, 及时排除故障, 除熟练掌握有关试验方法和判断标准外, 还需要对变压器结构有一定的了解, 有利于故障部位的确定。由作者总结判断故障采用的方法有“望、问、切”三种基本方法, 即仔细检查设备外观征象; 向知情者(目击者)了解故障发生时的状况; 利用仪器进行检测, 并将测试结果与标准值进行综合对比分析等。具体形式为: 外观检查、吊芯检查、电气试验等。

2 配电变压器故障原因分析、诊断及检测

配电变压器常见故障有: 击穿故障、过热故障、放电故障、受潮故障、外部影响(短路、外力破坏)故障等。针对无锡配网的运行环境及经常发生的配电变压器故障等因素, 现对其中绝缘击穿故障、过热故障、受潮故障三类典型故障进行分析。

2.1 配电变压器绝缘击穿故障

2.1.1 配电变压器绝缘结构

变压器的绝缘结构: 分内绝缘和外绝缘。

内绝缘(油箱内)由主绝缘和纵绝缘构成:

①主绝缘 —— 绕组(或引线)对地、对异相或同相其他绕组之间的绝缘, 也就是变压器内各有关部件间的绝缘。

②纵绝缘 —— 同一绕组各点之间或其相应引线之间的绝缘。纵绝缘包括: 匝间绝缘、层间绝缘以及引线绝缘。

外绝缘(油箱外):

①套管本身的外绝缘。

②套管间及套管对地间的绝缘。

2.1.2 绝缘击穿故障诊断

在雷电过电压、操作过电压以及故障过电压的作用下配电变压器的主、纵绝缘的薄弱处都有可能发生击穿。常见的击穿部位有引线绝缘, 对地绝缘, 绕组匝间、层间和相间绝缘等。

由于发生绝缘击穿时, 均伴随电弧放电。当内绝缘击穿时, 在电弧高温作用下, 变压器绝缘油会发生分解, 产生烃类物质(乙炔等)、一氧化碳和二氧化碳, 此时用眼睛观察, 往往可以看见油中存在游离碳, 并有一股烧焦的味道。当外绝缘击穿时可以看到套管表面有明显的电弧闪络痕迹。配电变压器绝缘击穿时, 由于线路保护动作的延时和变压器内部故障保护的缺失, 故障范围往往会扩大, 严重的可以伴生喷油, 油箱变形等情况。

击穿又可分隐性的和显性的, 当过电压持续时间很短时, 有时变压器绝缘瞬时击穿, 但外在影响因素迅速消失后, 又部分恢复了绝缘性能, 这时就可能存在隐性击穿的情况。对于主变可以用做油色谱分析来发现问题, 可对于配电变压器就基本无法鉴定了, 只能等到绝缘损坏程度扩大, 造成异常和故障时才能发现。同样当纵绝缘损坏时, 如匝间、层间击穿时, 一般无法早期发现, 只有到有外部症状时, 才能发现。当然如定期进行预防性试验有可能及时发现其中一部分问题。

2.1.3 绝缘击穿故障检测

击穿故障的现场检测方法有以下两种:

①测量变压器绝缘电阻

在现场简易可行的办法是, 用兆欧表分别测量变压器高压绕组对低压绕组及地(油箱等)部分的

主绝缘；低压绕组对高压绕组及地（油箱等）部分的主绝缘；高、低压绕组间的绝缘电阻。当绝缘电阻值明显偏小或接近为零时，可以判断主绝缘已击穿。但是测量绝缘电阻的方法并不能正确判断变压器匝间、层间绝缘的击穿损坏情况。

②测量绕组电阻（或变比）

测量绕组直流电阻。正常时 630kVA 及以下的变压器相间差值一般应不大于三相平均值的 4%；线间差值一般应不大于三相平均值的 2%。若故障后发现三相绕组不平衡超标较多时，即可初步判定有匝间、层间绝缘有击穿损坏的可能。通过测量比较高压线圈电阻（或吊芯后测量相电阻）和低压线圈电阻，可以确定故障部位（相位）。

在上述方法仍不能确定故障性质的，可采用做空载试验、油理化分析等方法来判断。在现场用方法 1、2 就可以了。

2.1.4 绝缘击穿故障预防

击穿故障的现场检测方法对于击穿故障我们能采取的预防措施是：一是加强和完善变压器的过电压保护。如在变压器高、低压侧装置避雷器；二是加强配电变压器的交接验收，不合格产品不允许接入电网；三是加强日常运行巡视，发现异常及时汇报处理。

正确装置避雷器的几点要求：

目前防止外部过电压损坏变压器的有效方法就是装置避雷器保护。避雷器的质量和正确安装直接关系到变压器的安全运行。所以我们在交接验收和运行维护过程中一定要重视。

①避雷器必须由质量信誉好的厂商提供，要有项目完备的出厂试验报告和产品合格证，并进行必要的验证；

②避雷器应经过交接试验合格（可以是抽检）；

③正确的安装。避雷器应按规定靠近变压器安装，保证能及时准确的动作（雷电波先到达避雷器、后达变压器）。（未完待续）

2.2 配电变压器过热故障

2.2.1 过热故障的分类

①电流回路的过热故障——最常见的是无载分接开关动静触头接触不良；线圈出线与套管连接不良；并绕线圈出线处焊接不良以及安装时套管的外部连接接触不良等，在大电流作用下局部形成发热。

②铁心的过热故障——最常见的是铁心两点接

地，原因常常是由金属异物造成，结果是形成短路环流，使得铁心局部过热。

③过负荷引起的过热故障——是目前发生频数最高的，原因是变压器额定容量与用电负荷不匹配，用电负荷超出变压器的设计许用范围，使得变压器运行时产生的热量无法平衡，温升超标继发绝缘损坏而形成故障。

2.2.2 过热故障的成因

变压器在运行时会产生空载损耗（铁心损耗）和负载损耗（铜损），这两部分损耗都转变为热能，从而使变压器发热。所发出的热量通过传导、对流和辐射的方式向周围介质散出。一面发热，一面散热，发热大于散热时变压器各部分温度就升高起来，当发热与散热平衡时温度就保持一定数值，不再升高。

变压器的空载损耗是接近固定的，而负载损耗是随负载的变化而变化的。变压器运行时，负载通常不保持恒定，温度也随之变化，伴随着负荷增加，变压器的负载损耗也相应上升，变压器温度也随之上升。所以在变压器制造时，它的使用条件是有规定的，当运行中超出规定时就将影响变压器的使用寿命。

2.2.3 过热故障的诊断

主变发生过热故障，可以通过油色谱分析等方法来进行检测。配电变压器的过热故障，只能由运行人员在巡视时仔细检查变压器外观的变化和分析负荷情况来判断发现。由分接开关接触不良和导电连接接触不良引起的过热故障，可以表现为电压不稳、导电杆出现熔焊、油箱及套管渗漏油等现象。过负荷引起的过热故障，外观均存在严重渗漏油或喷油，多数伴有低压出线端子过热，常见套管密封件炭化，密封失效，变压器绝缘油外溢，并逐步发展为变压器损坏。前几年，经统计发现有超过 65% 的配变故障发生在高温季节，而其中过负荷发热是主要原因。

检查诊断：一是检查变压器外观。如导电连接有无变色、熔焊和渗漏油情况。观察套管渗漏严重（某一相）且导电杆变色，基本就可以确定该相导电连接接触不良过热；二是检查分接开关的位置，如分接开关不在档位上，则可能是开关位置不对造成接触不良；三是电流回路的过热故障，可以测量回路直流电阻的方法来判别，当三相直流电阻不平

衡，电阻值明显增大时可初步判断接触不良过热；铁心局部过热的情况相对少见不在此分析。

2.2.4 过热故障的预防

配电变压器发生过热故障的主要原因是运行中过负荷和安装质量不好，所以预防措施可以为：

①加强负荷测控，防止配电变压器过载运行
随着地区经济发展和居民消费的升级换代，电力需求的发展高于经济发展速度。现有配电网虽经过前几年“两网改造”已有所加强，但因在改造中布局不尽合理，尤其是农村推进城镇化建设后，农村居民用电骤增，从近年来夏季消缺和抢修领用的配变数量中可以发现，70%以上来自市郊农村。加强农村地区小容量变压器的运行测控，准备一定数量的备品变压器，有针对性的调换其中严重过载的配变不失为有效措施之一。

②加大配网改造力度，在发展中完善配变配置要根本上消除配变过载运行，应结合配网发展需求，在发展中完善配变配置，从根本上防止配电变压器过载运行。方法是合理配置配变容量、合理割切负荷、采用低损耗变压器等。

③低压出线端子采用专用过渡连接头增强接触可靠性

针对低压出线端子连接处结合面较小和引线搭接时达不到预期夹紧力的问题，在容量为200~400kVA的配电变压器上，采用原来只在容量为500kVA以上变压器使用的大电流专用过渡连接头，用以增加结合面，改善安装搭接的可靠性，降低因接触不良而导致的局部过热的概率。

④提高交接验收和检修质量

从配变进网的源头上加强把关，防止不合格产品的流入。同时加强配变质量的控制，规范检修、安装工艺；规范原材料使用和检测标准，规范验收项目和要求；逐步减少因人员责任而引发的质量事故。

2.3 配电变压器受潮故障

2.3.1 受潮故障的成因

导致变压器绝缘受潮故障的主要原因有：

①水渗入变压器，如油箱、套管（破损）、分接开关、油枕等密封不严或失效；

②因制造、检修时未干燥好；

③因变压器缺油（漏油或外力破坏）造成器身暴露在空气中等。

变压器受潮的后果：因为变压器绝缘一般采用油纸绝缘，其中绝缘件多为纸板制作，很容易因为进水导致绝缘件受潮绝缘降低，严重时造成绝缘击穿，故障扩大。

2.3.2 受潮故障的诊断

对于周期检修的电气设备，可以通过定期的预防性试验发现设备受潮的程度。配电变压器目前采用的运行维护模式对发现此类故障力有不逮，只能是故障后的分析。通过分析可以为加强配电变压器的运行维护提供有价值的依据。

配电变压器受潮故障的检测：

①测量绝缘电阻和吸收比：

配电变压器受潮时的电气特征为：绝缘电阻明显下降。在现场通过测量绝缘电阻和吸收比可以作出判断，方法是比较故障变压器的各侧绝缘电阻的历史数据或与同类变压器的绝缘电阻值类比，如过数值明显下降（或小）则说明受潮了；同时可以测量故障变压器的吸收比，当吸收比较前次数据明显下降并小于1.3时，可以判断为绝缘受潮。

②进行油简化试验：

采集故障变压器的油样，进行油简化试验，受潮的变压器可以从油样中检出水分（定性）。

③严重进水的变压器可以在油箱、铁心和夹件处看到水渍。

3 结论

导致配电变压器故障的原因有很多，影响正常的居民用电和生产用电，所以在故障发生时快速判断故障性质对故障处理的速度至关重要。作者长期在配网抢修第一线从事抢修工作在配电变压器故障处理中积累了丰富的经验，并总结出“望、问、切”三种基本方法用以提高故障判断准确率，对减少故障对用户的影响，切实提高供电质量提升用户的用电满意度有积极的作用。

作者简介：

陆育海（1970—），男，江苏无锡人，技师，从事配电抢修工作。