

# Common Causes and Treatment Methods of Excessive Transformer Oil Intermediate Damage Value

Xin Lin

State Grid Jilin Electric Power Co., Ltd. Siping Power Supply Company, Siping, Jilin, 136000, China

## Abstract

Under normal circumstances, technicians often judge whether the transformer is in normal operation by the hydrocarbon value of the oil in the transformer. If the intermediate loss value of the transformer oil exceeds the standard, it can be made clear that the transformer is in the operation state with disease. There are many reasons for the excessive oil intermediate loss value of the transformer. Only by finding the cause of abnormal oil intermediate loss value of transformer and formulating scientific and reasonable preventive measures can the operation and maintenance level of transformer be improved. Based on this, this paper focuses on the detailed analysis of the transformer oil intermediate loss value for reference.

## Keywords

transformer oil; dielectric loss value; exceeding the standard; cause of formation; processing method

## 变压器油介损值超标的常见成因及处理方法

林铎

国网吉林省电力有限公司四平供电公司, 中国 · 吉林 四平 136000

## 摘 要

一般情况下, 技术人员经常通过变压器中油的烃值大小来判断变压器是否处于正常运行状态。如果变压器油的介损值超标, 可以明确变压器处于带病运行状态, 导致变压器油介损值超标的原因有很多。只有找到引起变压器油介损值异常的原因, 并制定出科学合理的防范措施, 才能够提升变压器的运行维护水平。基于此, 论文重点针对变压器油介损值超标的常见成因和处理方法进行了详细的分析, 以供参考。

## 关键词

变压器油; 介损值; 超标; 成因; 处理方法

## 1 引言

变压器是电力系统中最重要的一类电气设备。如果变压器出现运行故障, 整个电力网络的正常供电都会受到较大的影响, 甚至还有可能对电力用户的生命财产安全产生威胁。虽然与其他电气设备相比, 变压器的运行状态相对稳定, 但是依然有可能发生各类类型的运行故障。所以, 必须对变压器的维护、检测与预防性试验予以高度的重视。变压器油是变压器的主要绝缘介质和冷却介质。变压器油的绝缘性能与冷却性能, 对于变压器本身的影响非常大。变压器油的介质损耗因数是反映变压器油优劣的主要参数, 能够将油中泄漏电流所引起的功率损耗进行如实的反映, 帮助运维检修人员更好地判断和评估变压器的性能优劣和污染程度。运维检修人员需要通过定期抽样测试的方式, 对变压器油的介损进行检测, 并根据检测结果, 对变压器油的性能

质量进行改善。

## 2 变压器油介损的相关概述

变压器油的介质损耗角正切, 又被叫做变压器油的介质损耗因数, 简称介损。变压器油的介损值大小, 是反映变压器油性能质量的重要参数。变压器油介损值的大小, 直接受到油中离子含量的影响。一般情况下, 普通精炼的变压器油, 离子含量都达标。但是, 变压器油对于各类污染物质的敏感度非常高。稍微受到一点污染, 变压器油的介损值就会大幅度增加。通常情况下, 新油中存在的极性杂质质量非常少, 相应的介损值也非常低。但在变压器油受到劣化和污染的时候, 其产生的极性杂质与充电胶体就会增加, 介质损耗也会随之增加。

变压器油是一种弱极性介质。对其施加一个工频电压, 分子就可以成功转向, 且不会出现松弛损耗现象。所以, 电导是使变压器油出现介质损耗的主要原因。电导率值的高低, 对于变压器油介损值的大小有着直接的影响。一般情况下, 变压器的电导主要包含两种: 一种是离子电导, 另一种

【作者简介】林铎 (1992-), 女, 满族, 中国吉林四平人, 硕士, 助理工程师, 从事变压器油试验方面的研究。

是电泳电导。站在化学角度分析,变压器油是一种烃类混合物,本身没有离子电导<sup>[1]</sup>。只有多种物质混合在一起,形成杂质分析,并经过离解处理,才会形成离子电导。变压器油分子的吸附功能,可以对离子进行有效的吸附,并形成体积相对较大的带电胶体。电泳电导正是在这种带电胶体上形成的物质,其体积远大于离子电导的体积。

### 3 变压器油介损值超标的常见成因

变压器油的介损,指的是交变电场环境中出现泄漏电流的功率损耗。使变压器油出现介损值超标的原因有很多,既包含外部原因,也包含内部原因。

#### 3.1 杂质层面的成因

对变压器内部的构造进行分析,发现不仅包含变压器油,还包含固体形式的绝缘材料,即绝缘纸。这些绝缘材料当中,就含有胶体粒子状的杂质。随着变压器运行时间的延长,这些胶体粒子状的杂质就会被逐渐析出,并聚结在一起。再加上自身重力的影响,就会逐渐发生沉淀。虽然杂质析出、聚结、沉淀的过程比较缓慢,但是却始终处于非平衡状态、非稳定状态<sup>[2]</sup>。结合以往数据分析结果,当杂质的沉淀量占比0.02%的时候,变压器油的介质电导就会提高至几十倍,并引起变压器油的介损值超标现象。另外,在对变压器油进行运输与加注的过程中,不可避免的也会混入一些尘埃颗粒。这些尘埃颗粒的存在,也会对变压器油的介损值产生影响。图1为变压器油与变压器绝缘材料的相容性。

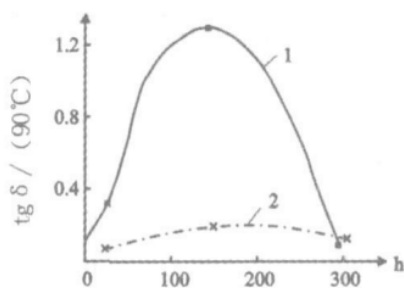


图1 变压器油与变压器绝缘材料的相容性

#### 3.2 变压器结构层面的成因

变压器属于全密闭性结构设计。部分变压器的生产厂家,为了减少潜在渗漏点,专门将具有虹吸功能的净油器配置取消。但是,一旦取消净油器配置,则意味着变压器油的稳定性大幅度降低。变压器的绝缘部分中存在水分,如果有净油器配置,该装置就会将变压器绝缘部分的水分“虹吸”走,以提升变压器内部的绝缘性能。如果将净油器设计取消,那么变压器内部的水分将无法排出,变压器内部的绝缘性能也会降低。

#### 3.3 金属离子层面的成因

变压器内部存在大量的铜质构件,如油泵轴、叶轮、铜引线等。在变压器的运行过程中,这些铜质构件就会受到不同程度的磨损或腐蚀。这样一来,必然会有部分铜离子混

入变压器油中,对变压器油的稳定性产生影响,引起变压器油介损值超标现象<sup>[3]</sup>。另外,如果变压器在运行过程中出现严重的过载现象,那么其内部铜质绕组也会伴随明显的发热。此时,铜离子就会熔融到变压器油当中,引起变压器油介损值的异常超标。

#### 3.4 微生物层面的成因

在变压器安装施工或者后期维修过程中,如果厌氧微生物或者产光微生物浸入变压器油中。当对变压器进行密封处理后,这些微生物就会在变压器油中进行持续性的生长、代谢与繁殖,并形成微生物胶体。由于这类胶体呈非中性,所以会使变压器油的电导值和电导损耗大幅度增加,即变压器油的介质损耗值明显增加。根据相关研究,微生物的污染程度,与变压器油的温度之间联系极为紧密。当油温处于50°C~70°C之间时,微生物最活跃。所以,某些变压器油虽然会在夏季表现出明显的介损值超标问题,但是在冬季,油的介损值又会恢复正常。

#### 3.5 含水量层面的成因

当纯净的绝缘油含水量不足40mg/L时,油的介损值不会出现明显超标现象。但是,当油内的含水量超过60mg/L时,油的介质因数就会明显提高。一般情况下,变压器绝缘油中的水分,主要来源于以下四方面:首先,绝缘材料深层存在水分残留,即便是经过干燥处理,也依然存在少量水分。其次,在绝缘材料的运输与安装过程中,没有做好相应的保护措施,使绝缘材料受潮。再次,在绝缘材料运输过程中,没有对硅胶进行及时的更换,潮气随着呼吸器渗透进油面。最后,如果绝缘油中存在溶解氧,在油温提高、负荷增加之后,就会发生相应的裂解反应,生成有机酸和水。

#### 3.6 油老化层面的成因

变压器油的组成成分比较多,在外界环境因素的影响下,变压器油的这些组成成分就会发生化学反应。油层颜色越深,油中的有机酸含量就越多,油的离子电导性能就越强,变压器油介损值超标问题就越严重。目前,国内变压器油都是经过炼油厂的精心制取而来,油中添加了少量的T501抗氧化剂。所以在使用过程中,更不容易出现老化现象<sup>[4]</sup>。但是部分变压器,随着运行时间的延长,油量会先短暂增加,再逐渐降低,最后又继续增大。究其原因,主要与油在氧化初期阶段生成了过氧化物和有机酸有关。再加上电场的影响,电离形成了带电荷的离子,并引起了变压器油介损值的超标。在氧化作用不断加大的形势下,聚合反应和缩合反应也越来越明显,导电性能较强的低分子物质,就会发生变化,形成导电性能较差的高分子物质,并引起变压器油介损值的降低。但氧化时间延长,油中的极性物质含量增加,变压器油的介损值又会增加,并对变压器运行的稳定性产生影响。

另外,在变压器运行初期阶段,介损值会在短时间内升高。而采取换油、过滤吸附等一系列处理措施之后,介损

值虽然降低,但是又会在较短时间内反弹。待经过多次过滤与吸附操作之后,介损值会达到一个稳定状态。利用红外光谱法、色谱法、质谱法或者核磁共振谱法,对滤纸上的棕黑色颗粒进行分析,可以明确其主要由醇酸树脂构成,来源于变压器内部的绝缘漆<sup>[9]</sup>。鉴于此,为了降低绝缘漆对变压器油介损值的影响,在变压器生产过程中,需要对所有与变压器油接触的油漆实施相容性实验,只有相容性没有问题,才能够将油漆应用到变压器生产过程中。

### 3.7 混油层面的成因

不同的油质,不能混合在一起使用。变压器油的生产工艺不同,即便油质相同,也不能混合在一起使用。如果将两种及以上的油质强行混合在一起,就会引起变压器油介损值的超标。另外,将机械油、润滑油等掺入到变压器油中,也会对变压器油的介损值产生较大的影响。如果必须使用混油,那么必须向进行混油实验,并根据实验结果确认是否可行。混油实验如表1所示。

表1 冲压油、拉伸油、防锈油与变压器油混油实验数据

序号	A组分	B组分	混合比例	A组分介损	24h后混合油介损值	48h后混合油介损值
1	克拉玛依25#变压器油	PS-106J冲压油	1600ml:1ml	0.11%	0.58%	0.59%
2	克拉玛依25#变压器油	FD200H拉伸油	1600ml:1ml	0.11%	4.95%	5.03%
3	克拉玛依25#变压器油	P307防锈油	1600ml:1ml	0.11%	22.38%	22.44%

## 4 变压器油介损值超标的处理方法

### 4.1 管理层面的处理方法

针对变压器油介损值超标问题,在管理层面,可以采取以下两种处理措施:其一,对变压器的制造过程、实验过程、运输过程以及安装过程进行严格的油务监督,加强新油质量的控制;其二,在变压器正式投入运行后,要严格按照相关运行规程,对硅胶进行及时的更换,并对瓦斯继电器进行规范性操作。

### 4.2 技术层面的处理方法

针对变压器油介损值超标问题,在技术层面,可以采取以下两种处理措施。一是引入油色谱在线监测制度,加强变压器油的状态检修;二是将T501抗氧化剂等材料添加到变压器油中,适当地减慢变压器油的老化速度。

### 4.3 介损值超标的处理策略

#### 4.3.1 换油

如果变压器油已经出现明显的介损值超标维内托,建议采取换油措施。第一步,先将旧油倒掉;第二步,利用合格油,对变压器内部进行冲洗;第三步,真空注油,这种处理方法能够减少变压器停电时间,针对运行时间较长,油质劣化问题比较严重的变压器,可以采用这种方法<sup>[6]</sup>。但是,与其他处理方法相比,这种处理方法产生的成本较高,且不符合当今时代倡导的环保绿色可持续发展理念。

#### 4.3.2 真空滤油

利用真空滤油机,对变压器油进行加热循环处理,可以将油中的机械杂质、水分和溶解气体进行有效的去除。但是,在处理油中有机杂质方面,效果较差。

#### 4.3.3 再生处理

针对变压器油的再生处理方法,主要有两类:一类是吸附剂法,可以洗范围接触法和渗滤法;另一类是硫酸/白土法,指的是利用硫酸将油中的老化产物去除,然后再利用白土将残留物质去除,当变压器油中的介损值严重超标时,

可以采用这种处理方法。图2为油再生处理前后吸附剂情况。



(a) 新更换的吸附剂 (b) 吸附饱和的吸附剂

图2 油再生处理前后吸附剂情况

## 5 结语

综上所述,变压器油介损值超标问题的出现,受到多方面因素的影响。只有找出变压器油介损值超标问题的引起原因,才能够采取针对性的处理措施,提升变压器的运行稳定性与安全性。

### 参考文献

- [1] 胡湘娥.变压器油介损值超标的原因分析及对策探讨[J].山东工业技术,2015(9):4.
- [2] 尹河.变压器油色谱分析及故障诊断[D].石家庄:河北科技大学,2018.
- [3] 段大军.变压器介质损失角正切值超标原因分析[J].中国科技纵横,2017(12):179-180.
- [4] 石国强.35kV变压器油介损值增大的原因分析及措施[J].中国电子商务,2014(13):248.
- [5] 黎自用,黎大健,陈梁远.变压器检修后油介损异常原因分析及处理[J].广西电力,2017,40(2):33-35+46.
- [6] 薛晓颖.变压器油纸绝缘套管典型缺陷分析及处理[D].厦门:厦门理工学院,2021.