

# 浅析变压器设计与运维质量提升

于爱梅

(泰州海田电气制造有限公司 江苏 泰州 225300)

**摘要:** 本文简要阐述了变压器使用的重要性,从设计、运维两个方面,围绕变压器给出了技术要点,详细介绍了干式变压器设备的绝缘参数设计方法、10kV 变压设备的防雷方法,结合实例梳理了设备故障检修要点,以期提升变压器结构性能,增强变压器运维质量。

**关键词:** 变压器;检修;防雷

## 0 引言

变压器是电力网中以电磁感应为运行原理的主要电气设备,由初级与次级两种线圈、铁芯组成。按绝缘介质的不同,变压器设备类型分为油浸式电力变压器、干式电力变压器等。随着干式电力变压器在高层建筑、火车站、机场、医院等使用领域的不断扩大,加强变压器组成设计,提高电流与电压的切换效率,配置完善的运维体系,展现变压器功能,具有重要研究意义。

## 1 变压器使用的重要性

相关单位使用变压器时,用电环境中的电压级别较多,含有行政类、生活类等,电压范围为6~660V,呈现出多种的电压类型。电机使用量较大,对变压器电压调节的需求逐渐增多。变压器是用于配电、输电的关键设备,设备组成含有线圈、铁芯等,围绕电磁感应的设计理念,有效切换电压与电流,平稳传输电能。如果变压器发生性能故障,会危及整体电力网络的运行安全性,无法保证办公生产的有序性,增加设备检修的困难,形成较长周期的运维周期,极易引发更大的设备事故。为此,合理设计变压器设备的组成,给予相应的运维方案,以此提升变压器运行质量,较为关键。

## 2 变压器设计要点

### 2.1 准确设定主变压设备的个数

参照电源级别、接线形式、传输电量、系统运行等多个因素,综合给出主变压设备的个数。比如,使用双向输电线路,配置不少于2台的主变压设备,以此完善总降压变电所配置。某10kV变电站,供电线路的电压级别为“110kV”,采取双线设计方法,主变压器的数量设计为“2台”。

### 2.2 综合确定主变压设备的容量

容量确定时,应保证设计容量高于用电需求的总

数,顺应企业用电设备的平稳运行需求。如果主变压设备设计2台,其中一台变压设备应保证管辖范围的设备运行。如果使用3台主变压设备,应保证其中2台设备用于调节电力设备运行,同时预留10%容量。实践中,部分生产单位选用变压器时,如果设备容量较高,会增加投资支出,出现设备长时间空载问题,形成较大的变压器运行损耗现象。如果设备容量较小,会使变压器长时间处于负荷运行工况,会提高设备损坏的可能性,无法顺应企业生产需求。

### 2.3 雷击防护设计

变压器内部组成设计时,应给出雷击防护方案,严格遵守雷电防护的各类规定,在高低压各个节点添加避雷设备,以此保证防雷效果。比如,对于10kV 变压设备进行雷击防护设计时,具体方法如下。

#### 2.3.1 引进新材料

部分场区使用的10kV 变压设备,对其进行雷电防护时,防护设施使用传统用料,会降低接地电阻的运行能效,增强雷击防护的工程成本。比如,老旧用料方案中,钢材用量较高,防护处理操作难度较大。设计人员可选用新型材料,用于防控气象、环境等客观因素带来的不利作用。新材料使用,能够控制用料量,简化防护操作流程。新型用料表现出较高的抗氧化、抗腐蚀性能,能够有效应对雷电作用,表现出生产成本经济优势。比如,某单位研发出“封闭母线”产品,具有较强的绝缘防雷功能,支持10kV、35kV两种母线级别。

#### 2.3.2 避雷装置

部分引下线操作不规范,应改善配电变压设备的防雷能力。电网运行期间,规范添加避雷装置,以此强化配电线路整体的防雷效果,积极应对雷电袭击问题。比如,将避雷装置添加在10kV 变压设备的杆塔间隔处,能够有效控制雷电浮动参数,保护设备的绝缘组成。

### 2.4 绝缘设计

绝缘设计是保证变压器运行能力的重要设计项目。

干式变压器广泛用于高层建筑、交通站点、变电站等多个项目。树脂绝缘变压设备,表现出较强的绝缘耐热优势、设备运维操作简易,具有较高的节能特点。此种变压设备设计时,需准确给出主绝缘距离参数,以此保障绝缘设计质量。主绝缘距离的参数设计有多种方法。

#### 2.4.1 依据电场分布情况综合确定参数

变压器整体结构,主绝缘的设计依据,是以工频、冲击检测的电压结果为依据,进行质量检查,保证裕度充足。工频电压条件下,以轴向方向进行线圈分布,保证线圈布置的均衡性。如果存在冲击电压作用,会使轴向线圈分布出现失衡现象,相应引起电场分布异常问题。此时高低各处线圈相邻位置、线圈端部与铁轭的相隔位置,均会出现失衡电场现象。

干式变压设备的绝缘组成,电场参数的设定过程,需进行导电纸膜检测,利用有限元分析方法,进行参数设计设想。

假设一:排除引线、端口各个节点电场分布产生的不利作用;

假设二:铁轭与极大平板处于相互垂直的关系。

此时,干式变压设备的线圈位置,会出现一个闭合区域,含有两个边界条件,可使用四边形法获取参数。多数情况下 10kV 变压设备,进行线圈绝缘设计时,绝缘间隔长度介于 35 ~ 40mm,线圈端部的封闭防护间隔长度大于 75mm,且不超过 90mm。

#### 2.4.2 依据模型检测获取绝缘参数

参照变压设备的材质、组成特点,搭建绝缘试验模型。绝缘试验期间,可使用各类直径大小的线圈,以此调整线圈组成的绝缘间隙。使用垫块改变线圈与铁轭的绝缘参数。在绝缘试验全环节中,模型下方位置,应放置于平底容器内部,旨在保证设备输电能力。绝缘检测期间,添加的工频电压,采取逐步加压形式,对于一级、二级进行击穿处理后,保持 5min,记录绝缘试验现象。冲击试验时,以目标放电电压参数的 70% 为起始试验参数,每次增加电压参数,测定 5 个绝缘检测结果,获取绝缘平均值。试验参数记录结果如表所示。

表 绝缘试验击穿电压的记录结果 /kV

时间项目	线圈绝缘间距 /mm	线圈端处的封闭防护参数				
		65	70	75	80	90
工频 试验	25	28.5	28.7	29.1	30.1	30.5
	30	31.5	31.7	32.0	32.3	32.5
	35	34.8	35.0	35.3	35.7	36.1
	40	36.3	36.7	37.4	37.8	38.2
冲击 试验	25	76.7	82.8	86.2	86.4	88.5
	30	81.9	83.8	90.3	94.7	97.2
	35	83.8	88.6	89.8	92.4	99.5
	40	84.2	88.9	88.7	94.5	99.9

结合表中检测结果发现:当线圈相邻、端处与铁轭间距有增加时,工频与冲击两种击穿的电压参数均有提高;当端处场强较高时,线圈端处于铁轭间距的增加出现饱和情况,此时放电电压参数主要参照线圈相邻位置的绝缘长度。

### 3 变压器运维要点

#### 3.1 每年定检

依据变压器运行的各项规范,对各项防雷设备进行定检。如果企业生产项目含有易爆、易燃等类型的产品,各处装设的防雷设备,需 6 个月检修一次。检修结果未达到要求的,需进行整改。

#### 3.2 运行前检查

干式变压器投入运行前,应把高压分接头联结片按铭牌标志接到相应的位置上,且正确操作温控设备。变压器投入运行,所带负荷应从零逐渐上升且检查产品有无异响,切忌一次满负荷投入。变压器退出运行后,一般不需要采取其他措施,即可重新投入运行,但是在高温下如果变压器发生凝露现象,那么必须经过干燥运行后,变压器才能重新投入运行。

#### 3.3 巡检

全面落实变压器的巡检工作,在气象条件发生异常变化时,比如大风、冰雹等,尤其在雷雨天、高温天气、负载较高的时段内,新变压设备、设备优化后投产的 3 天内,均需增加巡检次数,查看设备运行情况。

#### 3.4 故障检修

##### 3.4.1 分接头故障

结合 10kV 变压设备的真实运行状态,分接头故障问题具有发生的多见性。由于分接头的接触形式,主要依赖于压力条件,当出现弹簧压力不充足情况下,会减少分接头的真实接触范围,使镀银层发生较大磨损,间接损坏分接头。在分接头接触不平稳时,无法有效应对短路电流冲击作用,将会出现分接头故障问题。此种故障处理时,应进行周期停电检查,让分接开关自行运行几圈,以此改善分接头的接触能力。

##### 3.4.2 绕组故障

变压设备中的磁路、电路切换程序为“绕组”,会出现匝间、相间两种短路故障问题。温控设备循环显示干式变压器的三相温度,当变压设备处于平稳运行工况时,绕组程序的温度值,可视为监测主体。如果绕组温度处于逐级升高状

态时,需适当调整冷却程序,或者调低变压设备的负荷参数,控制温度的变动幅度。在变压设备内部温度逐渐升高时,会引起绕组内部发生质量问题。对于此种故障问题,需对变压设备进行全面解体检查,测定三相绕组参数的正常性。

#### 3.4.3 实例分析

(1) 故障表现。2020年某电站进行停电运维工作,发现一台干式变压设备存在铁芯温度异常故障问题。对设备进行外观检测、电阻测量等处理,利用直流电阻检测方法进行检测,变压设备的各处电阻参数并无异常。

(2) 检修方案。检测设备接线排、导电杆的连接情况,检测设备调压开关的状态;测定绝缘电阻时,积极应对设备潜在的短路、环流等各类故障问题,监测直流电阻发现:设备存在温度异常情况,即铁芯接地存在故障问题。

(3) 故障分析。对于变压器进行全面的故障分析,发现此设备的故障范围,集中于低压相接头处。参照红外线温度监测结果可知:铁芯拉板位置不准确,尚未出现放电接地问题。此种故障的形成,极有可能在变压设备进行运输、组装期间,铁芯夹件、拉板在荷载作用下,出现了整体位置的偏移。变压设备投产后,铁芯外层的绝缘漆完好无损,铁芯与拉板间隔位置存有一定间隙,由此规避了铁芯接地故障。在变压设备处于持续运行时,铁芯绝缘漆的质量发生改变,引起铁芯与拉板间隔位置形成击穿现象,进而形成铁芯温度异常的故障问题。

(4) 故障处理。明确变压设备的故障问题后,参照设备检修规范,运检人员应逐一拆解温控设备温度监测点、卸除高压与低压各个相的连接电缆,拆下变压设备的铁芯夹件,查看铁芯拉板、各位置绝缘板间隔位置的充足性。如果间隔长度充足,在下层绝缘垫位置校准铁芯拉板桥位置,对于各侧绝缘板不可进行操作。如果间隔长度不充足,需拆卸铁芯拉板、各侧绝缘板。摆正铁芯夹件位置后,使用环氧树脂进行涂刷,使铁芯夹件重新拥有绝缘能力,将处理好的铁芯夹板装回原位,以此消除铁芯接地故障问题。

(5) 状态检修的方法。变压器在使用的过程中,要定期检查三相电压是否存在平衡的问题,如果平衡现象不够明显,那么需要及时进行调整。还要定期检查变压器的清洁程度,对存在的污垢及时进行清理,防止对变压器的运行产生一定影响。定期检查线管与导线之

间是否存在正常的连接情况。最后在检测变压运行是否良好时,可以根据变压器运行发出的声音进行判断,如果变压器杂声较大,说明变压器内部结构出现问题,需要进行维修处理。

在温度控制方面,干式变压器具有非常明显的优势特点,但是在具体运行的过程中,也会受到更多因素的影响,其中包括通风条件的影响。如果运行环境中的通风条件较差,会直接影响着干式变压器的散热性能,甚至会低于油浸式变压器的散热性能。因此要着重考虑好变压器安装位置的通风条件,使变压器能够达到有效的温度控制。除此之外,还要检查好温控系统的变化,维修人员在检测变压器的过程中,要重点关注温控系统的变化情况,确保变压器的三相温度值始终处于平衡的状态,如果发现三相温度值相差很大,要立即进行更加深入的检查,判断是变压器的问题,还是温控器的故障,及时发现存在的异常状态并采取有效的解决措施。防止温控系统针式插头接触不良,导致温控设备出现判断失灵的问题。如果变压器温度达到上限输出信号,温控系统会立即发出报警,并采取跳闸进行保护。

## 4 结语

综上所述,从变压器运行数量、容量、防雷、绝缘等方面,综合进行设备设计,可顺应企业的变压器使用需求,保证设备运行安全性,减少设备安全问题发生。配合完善的运维工作,及时排除设备存在的不良问题,以此维护变压器的电力调节能力,发挥其设备作用,保证配电质量。

### 参考文献:

- [1] 刘兴盛. 节能技术在电力变压器设计中的应用[J]. 科技风, 2021(33): 193-195.
- [2] 王莲峰, 薛坤朋. 10kV干式变压器的安装和运维要点[J]. 农村电工, 2021, 29(9): 44.
- [3] 李远松, 高博, 丁津津, 等. 变压器气体继电器典型故障及运维措施[J]. 电工技术, 2021(10): 172-174.
- [4] 罗彦江. 大功率中频变压器设计方法研究[J]. 科技资讯, 2021, 19(11): 87-90.
- [5] 张媛. 大型电力变压器设计中的节能技术应用[J]. 集成电路应用, 2021, 38(1): 152-153.