

老型号变压器排油注氮灭火装置接口改造

谭文强¹, 宋宇¹, 邓浩²

(1. 国网四川省电力公司, 四川 成都 610041; 2. 国网四川省电力公司
德阳供电公司, 四川 德阳 618000)

摘要:根据 GB 50016—2014《建筑设计防火规范》规定, 单台容量在 125 MVA 及以上独立变电站油浸变压器应设置自动灭火系统。现在运行的部分 125 MVA 及以上容量老型号变压器出厂时未配置排油注氮灭火装置, 未预留排油和注氮管道孔洞。为解决老旧油浸变压器无接口连接安装排油注氮灭火装置, 文中创新性地提出利用变压器人孔、放油阀和取样阀作为连接接口的解决方案。较之目前普遍采用在变压器上新开孔的方法, 该方法具有简洁、方便、安全的特点, 能极大缩短改造时间, 大幅节省施工费用的优点。

关键词: 变压器; 排油注氮装置; 接口

中图分类号: TM 72 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2022)01-0091-04

DOI: 10.16527/j.issn.1003-6954.20220120

Modification for the Interface of Oil Evacuation and Nitrogen Injection Extinguishing Device in Old Type Transformer

TAN Wenqiang¹, SONG Yu¹, DENG Hao²

(1. State Grid Sichuan Electric Power Company, Chengdu 610041, Sichuan, China; 2. State Grid Deyang Electric Power Supply Company, Deyang 618000, Sichuan, China)

Abstract: According to the regulations of "Code for fire protection design of buildings" (GB 50016-2014), an automatic fire extinguishing system should be installed for a separate oil-immersed transformer with a capacity of 125 MV · A and above. Some of the old type transformers with 125 MVA and above are not equipped the hole with oil evacuation and nitrogen injection extinguishing device, and there are no holes prepared for oil evacuation and nitrogen injection pipes in advance. In order to solve the problems of the old oil-immersed transformer without interface connected to install the oil evacuation and nitrogen injection extinguishing device, an innovative solution of using transformer manhole, oil discharge valve and sampling valve as connection interface is proposed. Compared with the method of opening new holes in transformers, the proposed method has the advantages of simplicity, convenience and safety, which can greatly shorten the reconstruction time and save the construction cost.

Key words: transformer; oil evacuation and nitrogen injection; interface

0 引言

随着电力系统的不断发展, 变压器容量越来越大, 电压等级不断提高, 变压器消防装置的作用显得更加重要^[1]。现有老型号变压器排油和注氮接口的改造, 普遍采用在变压器器身上新开口的方案, 存在现场或返厂开孔难于实现的问题。本体上开孔改变变压器原有设计和结构, 如发生变压器故障, 可能会引起故障责任划分不清, 引起不必要的争议。

下面提出老型号变压器排油注氮装置利用人孔、放油阀和取样阀作为接口的改造方案, 解决变压器开孔难、施工时间长、费用高且容易引发争议的问题。

1 现状分析

1.1 普遍采用的方法

变压器发生故障引发火灾有两种情况。第一种情况是器身未形成开口的内部火灾, 由于故障瞬间变压器内部温度陡升, 变压器油汽化产生大量气体,

压力增大触发重瓦斯继电器动作,引起变压器三侧断路器跳闸断开变压器与电力网络的电气连接,短路电流消失,内部油失去能量支持不再分解汽化。变压器内部产生大量气体后压力增大器身存在破裂的可能性。为保障变压器的安全,排油注氮系统开启排油阀排出部分变压器油进行泄压使变压器内部压力减小。第二种情况是变压器故障造成器身破裂与大气联通的开口,变压器油在破裂处或外溢燃烧,内部压力与大气压一致,不会随温度升高。近年来电网大型变压器火灾事故表明,如不进行排油和冷却降温防止变压器油不断汽化,变压器火灾将一直持续到所有可燃物烧尽,如着火变压器邻近其他重要设备和建筑将产生更大损失。这两种情况排油注氮系统都会关闭断流阀防止油枕继续向变压器油箱内补充变压器油,此时通过变压器器身上接口连接排油管道排油,能有效减少可燃物和燃烧时间。

现有油浸变压器排油注氮灭火装置接口普遍采用的方法是在变压器本体上方开孔作为排油孔,在变压器下方开孔作为注氮孔。排油管路连接于油箱上部,通过导油管与事故油坑相连,系统的排油泄压由串接在排油管路中的排油阀控制^[2],如图 1 所示。灭火装置满足启动条件后打开排油阀,变压器油通过排油管道排出到事故油池,同时断流阀关闭油枕对变压器的供油,油箱上部变压器油位下降到排油管道位置。注氮管路连接消防柜中的氮气瓶和设置在油箱底部的注氮孔,为保障氮气注入经排油一段时间后,控制系统开启氮气释放阀,将氮气从变压器底部注入油箱中,氮气与变压器油混合,上升到达油箱上部,起到降低油温和隔绝空气的灭火作用。

1.2 问题分析

变压器采用返厂开孔,拆装、往返运输、工厂生产等因素造成返厂耗时长,拆装施工费、往返运输费、厂家服务等费用高,难于实现。采用现场开孔,变压器需停电进行排油、吊罩、开孔、清洗、回吊、注油、调试等多道工序,现场作业时间大幅增加,场地无法保证;变压器钟罩内部油渍无法彻底清洗干净,开孔及阀门焊接工作属于一级动火作业,存在极大的火灾隐患;焊接会破坏变压器的完整性,过程中产生的烃类气体残留和金属残渣不易清理干净。特别值得注意的是现场开孔作业无法保证恒温恒湿环境,变压器铁芯长时间暴露在空气中且变压器油长时间与空气接触,空气中含有水分,势必将少量水分

带入变压器内部,变压器油溶解空气超过饱和或水分造成局部放电都会使后期运行导致轻瓦斯频繁动作或油化验数据达不到要求,甚至造成内部放电短路,因此改造工程应尽量减少铁芯和变压器油暴露在空气中的时间。



图 1 采用新开孔方式

2 利用人孔和取样阀

2.1 排油孔

大型变压器侧面器身均设有人孔,在变压器正常运行时,人孔处于封闭状态,可以利用人孔盖板改造加装管路作为排油管道。改造后人孔盖板须要连接排油管道开孔,所以在改造前应精确测量加工好新盖板尺寸、螺栓孔洞大小和位置。

2.2 注氮孔

利用取样阀连接排油和注氮管道,无需另外开孔,对变压器本体内部影响小;且变压器正常运行时,注氮阀门闭锁,与变压器的互不干扰,如图 2 所示。



图 2 采用人孔和取样阀方式

根据气体灭火系统灭火浸渍时间不小于 1 min 的要求,排油注氮在扑灭变压器内部故障引起火灾时的氮气灭火剂量较小,一般不到变压器油箱容积的 1%。但为防止变压器爆炸,起隔离空气窒息灭火和对变压器油冷却作用的排油注氮灭火浸渍时间应大于 10 min。这个充氮时间是远大于灭火充氮时间的,要求油浸变压器容量不大于 50 MVA 时,在 15 MPa 压力下氮气储存容器总容积为 40 L;油浸变压器容量在 50~360 MVA 时,在 15 MPa 压力下氮气储存容器总容积为 80 L;油浸变压器容量大于 360 MVA 时,在 15 MPa 压力下氮气储存容器总容积为 126 L。

利用取样阀进行改造:根据变压器取样阀实际个数改造成 2 个注氮孔设计,按照电力行业完善化改造要求和《油浸变压器排油注氮装置技术规程》中相关条文说明,对于 50~360 MVA 变压器,灭火装置采用 2 个 W 为 40 L 的氮气瓶,氮气初始压力 P_1 为 15 MPa,减压后氮气压力 P_2 为 1.20 MPa,减压后氮气体积为

$$V = 2W \times P_1 / P_2 = 1000 \text{ L} \quad (1)$$

注氮时间不小于 30 min,选取 31 min,注氮调节阀的出口流量为

$$Q = W/t = 32.258 \text{ L/min} \quad (2)$$

注氮管道采用抗拉强度 σ 为 235 MPa、厚度 δ 为 3.5 mm、外径 D 为 25 mm 的碳素钢管,安全系数 S 取 4,其承压强度为

$$P = 2\sigma/\delta SD = 1.34 \text{ MPa} \quad (3)$$

$P > P_2$, 满足要求。

2.3 工程实施

现场停电施工总耗时约 100 h,变压器油位需降至人孔以下,按照 DL/T 573—2010《电力变压器检修导则》要求,应保证在空气相对湿度不大于 65% 时铁芯暴露时间应小于 16 h;在空气相对湿度不大于 75% 时铁芯暴露时间应小于 12 h。改造前应做好现场查勘和附件设计制造、过渡方案以及机具、器械、车辆、人员等前期准备工作。在加装断流阀及更换双浮球瓦斯继电器完成前,铁芯必须完全浸在绝缘油内不能暴露。所有加装的孔洞盖板、阀门和管道必须提前准备好,做到精确的专属配件加工,确保尺寸完全对应。改造过程中,因涉及主变压器油管道相关工作,应及时关闭相关阀门,避免主变压器本体油箱进入空气。如存在进入空气的可能,应通过

排油管上的放气螺栓将气体排除干净后,再开启相关阀门,防止气体进入变压器^[3]。油枕蝶阀更换完成后应将油枕内油全部注满,本体油排至人孔以下,应在 2 h 内完成所有阀门的更换或加装,完成后需尽快注油淹没变压器铁芯,防止铁芯受潮,保证铁芯暴露时间满足规定要求。

3 利用放油阀和取样阀

3.1 排油孔

排油孔利用下部已有的放油阀进行改造,采用 U 型排油管道,改造成三通结构,既满足放油需要,又能与消防柜排油管道连接。

排油管道采用虹吸原理,即利用油柱压力差,使绝缘油上升再流到低处,直到两边的油面相等,油就会停止流动。排油管道设置为 DN125,顶部高度与变压器铁芯持平(以厂家变压器设计图为准),当变压器发生外部火灾造成开孔,导致顶部与大气连通时,注入的过量氮气会从开孔处溢出,其排油效果与常规无异。消防柜与变压器之间应满足不同电压等级下的安全距离,一般大于集油坑边缘到变压器的距离,但排油管道较重,对放油阀的纵向拉力较大,易导致变压器漏油,排油管不宜过长,长度应尽量保证在 8 m 以内。变压器内部故障时,变压器油热分解产生大量气体,油箱压力骤增,触发重瓦斯继电器动作,发出断路器跳闸信号。此时压力释放阀动作,排油注氮装置启动,注入的氮气会增加内部压力,导致油面继续下降,铁芯暴露。

3.2 注氮孔

根据变压器取样阀改造成 2 个注氮孔。为满足氮气注入量的要求,注氮管道采用 DN25/3.5 碳素钢管,计算符合要求的压力输出值和流量输出值。接口改造如图 3 所示。

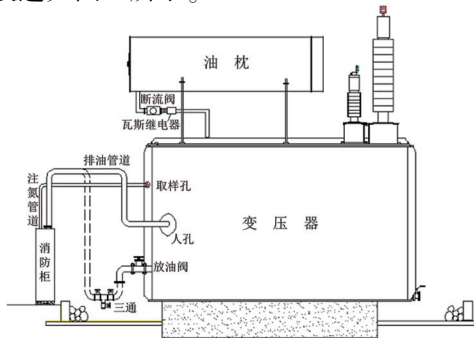


图3 接口改造

3.3 工程实施

现场施工不需要放油,铁芯不会暴露,消防柜、管道支架基础、三通管件等器件与变压器距离能满足安全要求,安装可在不停电情况下进行。为防止触电危险,在做好现场查勘和附件设计制造、过渡方案以及机具、器械、车辆、人员等前期准备工作后,排油和注氮管道安装过程需要停电进行,停电时间总耗时约 24 h。

4 结 论

前面创新性提出的利用变压器人孔、取样阀和放油阀作为接口的改造方案,现场实施简单,无需变压器运输、吊罩、开孔、清洗、回吊、调试等工序,费用支出低,对主设备影响小;在现场安全措施到位的情况下,停电时间大幅减少;且不使用明火,杜绝了火灾隐患;并由排油注氮厂家出具改造方案、计算报告及产品承诺函,与变压器生产厂家责任明确。

利用放油阀和取样阀,因变压器运行时放油阀

处于关闭,大部分改造工作可在不停电条件下完成,与利用人孔和取样阀方案比较,变压器无需排油、注油工序,停电时间短,几乎不存在变压器铁芯受潮或变压器油中混入气体的风险。在满足取样阀和放油阀改造条件时,应优先选用此方案。

参考文献

- [1] 梁猛,邵华,林榕.主变压器 BMH 型排油注氮灭火装置改造方案及工程应用[J].电力建设,2010,31(9):64-67.
- [2] 徐晓辉.排油注氮灭火装置控制系统设计研究[J].电气自动化,2017,39(5):99-101.
- [3] 王艳,李士林.大型变压器排油注氮消防系统改造[J].河北电力技术,2009,28(5):45-47.

作者简介:

谭文强(1974),男,硕士研究生,高级工程师,研究方向为电力消防安全管理;

宋宇(1989),男,硕士研究生,工程师,研究方向为电力和建筑消防安全管理;

邓浩(1986),男,硕士研究生,高级工程师,从事变电设备检修工作。

(收稿日期:2021-08-26)

(上接第 49 页)

- [6] 王成山,于波,肖峻,等.平滑微电网联络线功率波动的储能系统容量优化方法[J].电力系统自动化,2013,37(3):12-17.
- [7] JIA Hongxin, FU Yang, ZHANG Yu, et al. Design of hybridenergy storage control system for wind farms based onflow battery and electric double-layer capacitor[C]// Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, Chengdu, China, 2010:1-6.
- [8] 蒋科,张信真,苏麟,等.新能源侧储能系统综合经济效益评估方法与实例[J].电力勘测设计,2020(S1):18-24.
- [9] 分布式储能系统优化与经济性分析[D].长沙:湖南大学,2019.
- [10] Benedikt Lunz, Hannes Walz, Dirk Uwe Sauer. Optimizing Vehicle-to-Grid Charging Strategies Using Genetic Algorithms under the Consideration of Battery Aging[C]. IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, 2011:1-7.
- [11] Ohtaka T, Iwamoto S. Possibility of using NAS battery systems for dynamic control of line overloads [C]. IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition, Yokohama, Japan, 2002:44-49.

- [12] Zimmerman, R D, Murillo-Sánchez. MATPOWER: Steady-state operations, planning, and analysis tools for power systems research and education[J].IEEE Transactions on Power Systems, 2011,26(1):12-19.
- [13] 谢桦,滕晓斐,张艳杰,等.风/光/储微网规划经济性影响因素分析[J].电力系统自动化,2019,43(6):70-76.
- [14] 修晓青.储能系统容量优化配置及全寿命周期经济性评估方法研究[D].北京:中国农业大学,2018.
- [15] 严玉廷.考虑寿命约束的分散式储能控制方法[J].云南电力技术,2019,47(2):11-15.
- [16] 刘文霞,牛淑娅,石道桂,等.考虑运行策略及投资主体利益的主动配电系统储能优化配置[J].电网技术,2015,39(10):2697-2704.

作者简介:

彭伟(1990),男,硕士研究生,研究方向为新能源发电中储能的优化配置;

郑连清(1964),男,博士,教授,主要研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用等;

郑天文(1987),男,博士,主要从事储能、新能源系统控制与优化运行方面的研究工作。

(收稿日期:2021-09-31)