

一起变压器 M 型有载分接开关事故的分析

谢茜, 刘睿, 张宗喜, 冯运, 龙震泽, 白欢
(国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川成都 610041)

摘要: 有载分接开关是大型电力变压器的重要组件, 其性能质量直接影响变压器的运行。对一起由于有载分接开关故障引起的 110 kV 变压器事故进行分析, 通过试验、变压器吊罩、开关解体等分析事故发生的原因, 并提出对应的防范措施。

关键词: 变压器; 有载分接开关; M 型

中图分类号: TM564 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2020)01-0063-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2020.01.013

Analysis on A Transformer Accident Using M - type On - load Tap Changer

Xie Qian, Liu Rui, Zhang Zongxi, Feng Yun, Long Zhenze, Bai Huan
(State Grid Sichuan Electric Power Research Institute, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: The on - load tap - changer is an important component of large power transformers, and its performance quality directly affects the operation of the transformer. A 110 kV transformer accident caused by the fault of on - load tap - changer is analyzed, the causes of the accident are also analyzed through the test, transformer hoist, switch disassembly etc., and the corresponding preventive measures are proposed.

Key words: transformer; on - load tap changer; M - type

0 引言

随着国民经济发展及电力系统的完善,各用户对电能质量的要求不断提高。电能质量的主要指标有电压、频率和谐波。电力变压器是电力系统一次设备的重要设备之一,变压器调压可以有效调节电网中各节点电压,提高电网的供电质量及系统稳定性。

变压器调压可分为无励磁调压和有载调压两种。相较于无励磁调压,有载调压具有调压范围大、调压速度快、可带负载调压等优点,在电网中得到广泛的应用^[1]。有载分接开关是实现变压器有载调压的部件,结构复杂且精密,对制造工艺要求较高^[2-3]。由于有载分接开关内部机械零件多、接线多,长期运行动作后,其内部容易出现故障,发生渗漏油、拒动等情况,进而直接影响变压器的安全稳定运行^[4]。

下面对一起由于有载分接开关故障引起的 110 kV 变压器事故进行分析,通过试验、变压器吊罩、开关解体分析事故发生的原因,并提出相应的措施及建议。

1 事故概况

某 110 kV 变电站 2 号 110 kV 主变压器本体重瓦斯保护动作,110 kV 母联开关动作。检修人员到达现场时发现:该主变压器本体重瓦斯保护及有载开关重瓦斯保护均动作,瓦斯继电器内部有气体,压力释放阀动作喷油,有载开关挡位显示为 4 挡与 5 挡之间;现场手动调挡时,水平连杆与齿轮盒连接脱落。

该主变压器额定容量为 63 MVA,额定电压为 (110 ± 8 × 1.25%) / 10.5 kV,型号为 SZ11 - 63000 / 110,已投运 2.5 年,有载分挡开关为 M 型有载分接开关,型号为 MIII500Y - 72.5 / B - 10193W,额定电流为 331 A,级电压为 794 V。事故发生时,该有载分接开关计数器显示切换次数为 1963 次。

事故发生前一天,该主变压器有载开关执行5挡至4挡调挡,第二天执行4挡至5挡调挡时即发生故障。故障录波器测得一次最大故障电流A相为322 A,B相为183 A,C相为496 A,持续时间为40 ms。该主变压器差动保护装置仅启动,未动作。故障录波器显示事故时二次谐波含量最高达50%,保护装置启动波形显示事故时二次谐波闭锁启动。

2 试验检查

针对现场情况,对主变压器不同部位的本体油进行油色谱试验,结果见表1。

表1 主变压器事故后不同部位油色谱数据

气体	油中含气量/($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$)		
	上部油	中部油	下部油
H ₂	20.0	10.8	30.6
CO	635.3	382.6	289.2
CO ₂	2 180.3	1 326.6	928.7
CH ₄	6.8	7.7	11.1
C ₂ H ₄	3.5	0.6	14.6
C ₂ H ₆	1.2	10.6	1.5
C ₂ H ₂	4.4	10.2	23.7
总烃	15.9	29.1	50.9

从表1中可以看到,油中乙炔含量超过注意值。中部油使用三比值法,计算编码为200。根据GB/T 7525-2016^[5],初步认为主变压器内部出现电弧放电。

同时,对主变压器有载开关油进行试验,试验结果表明有载开关油中微水含量为22.9 mg/L,击穿电压为50.0 kV。根据GB/T 7595-2017^[6],有载分接开关油的微水含量及击穿电压合格。

3 吊罩情况

为查明此次事故原因,对该主变压器进行吊罩检查。吊罩后发现:变压器本体绕组、铁芯、夹件无异常;变压器有载分接开关中,分接选择器与切换开关的连接导线在切换开关筒底齿轮位置处存在烧损,分接选择器上有大量铁屑,分别见图1及图2;同时,分接选择器部分动静触头、导电环存在烧损,见图3。

通过对主变压器吊罩检查,初步认为是分接选择器导线烧损造成变压器油分解产生大量气体,进而使得变压器重瓦斯保护动作、压力释放阀喷油。



图1 分接选择器与切换开关连接导线烧损情况

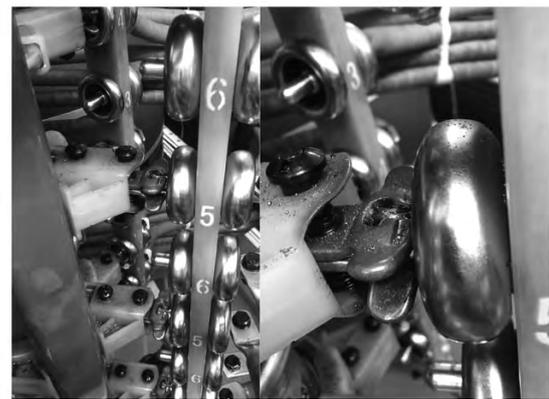


图2 分接选择器表面大量铁屑



图3 分接选择器部分烧损情况

进一步对主变压器进行吊芯处理并解体有载分接开关。发现油室内筒壁上触头烧损(见图4),切换开关的主触头、主通断触头之间存在烧损(见图5)。同时,发现三相的过渡电阻完好,经过测试其电阻阻值均正常。

4 原因分析

有载分接开关可以在变压器带负载的状态下变

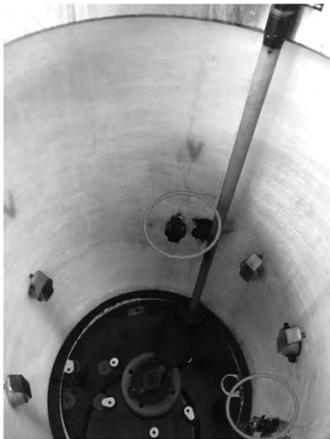


图4 筒壁上触头烧损情况

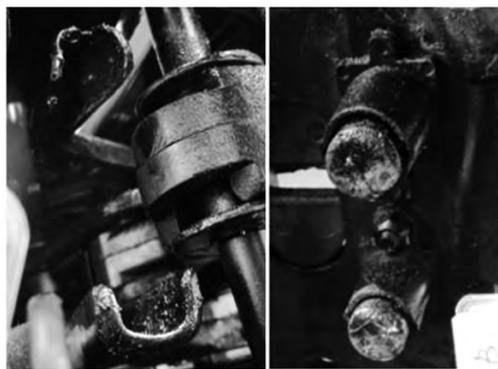


图5 切换开关触头烧损情况

换变压器的分接位置,其结构如图6。从图6可以看出,主绕组与分接绕组串联后和分接选择器连接,之后经由切换开关中性点从套管引出。本次事故发生前一天,有载分接开关执行5挡至4挡动作,第二天执行4挡至5挡动作时发生故障。由图6可知,事故发生前一天,有载分接开关执行5挡至4挡动作后,分接选择器S1在5挡,S2在4挡。因此,事故发生当天,执行4挡至5挡动作时,分接选择器动静触头不需动作,只需对主变压器切换开关由 U_2 、 V_2 、 W_2 切换到 U_1 、 V_1 、 W_1 。

现场对主变压器吊罩时发现,开关的实际位置为4挡,电动机机构位置为5挡,即切换开关没有完成切换动作,此次事故发生在4挡至5挡切换开关动作过程中。故障录波器测得一次最大故障电流A相为322 A、有载B相为183 A、C相为496 A,持续时间40 ms。由于分接开关额定电流为331 A,可以短时间承受故障录波器中录得的电流,而吊罩检查时发现分接开关各部位出线均有明显烧蚀,因此认为有载分接开关本体中有环流或电弧放电。

M型有载分接开关传动结构示意图见图7。由

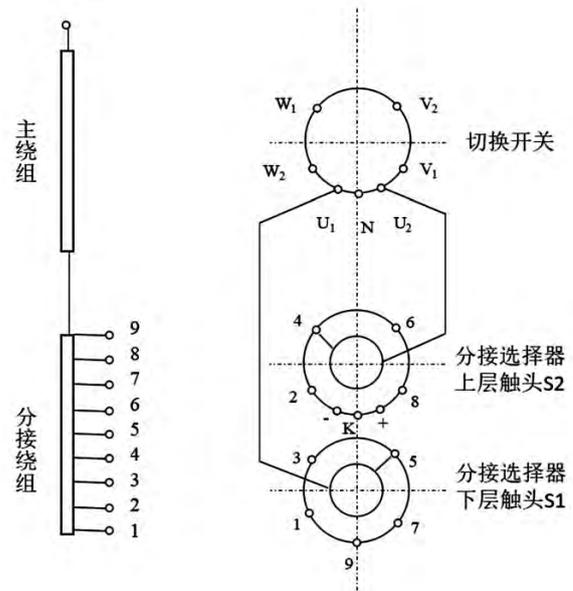


图6 有载分接开关结构

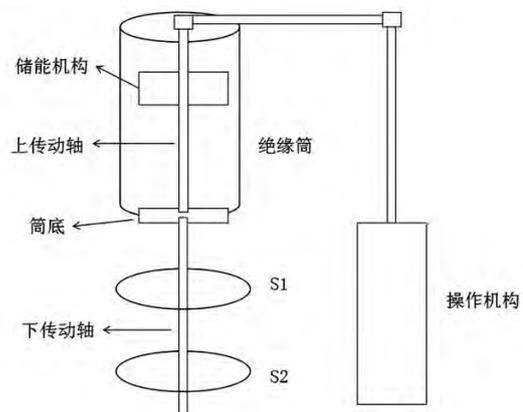


图7 有载分接开关传动结构

图可知,有载分接开关绝缘筒的筒底分别连接上、下两根传动轴,上传动轴为切换开关主轴,与有载分接开关操作机构及储能机构连接,下传动轴为分接选择器主轴。变压器执行换挡动作时,外部操作机构通过传动装置带动上传动轴运动,从而带动储能机构使切换开关完成切换动作;同时,上传动轴通过筒底带动下传动轴运动,使得分接选择器动作。在变压器换挡时,上传动轴、筒底、下传动轴的运动具有同时性。吊罩时发现分接选择器与切换开关的连接导线被筒底的齿轮摩擦造成部分断股,存在烧损。因此认为在本次事故发生时,变压器换挡过程中操作机构动作到位,筒底由于筒底齿轮与导线摩擦导致运动受到阻碍,影响了上下传动轴的同步运动,造成切换开关没有完成切换。

典型M型有载分接开关的切换开关结构俯视图见图8。图中:MC为主触头;MSC为主通断触头;

TC 为过渡触头; a、b 各代表一个分接。在切换过程中,如果切换开关没有在短时间内完成正常切换,将导致切换开关各触头之间发生非正常通断及虚接,产生拉弧放电,造成切换开关机构中各触头烧损。同时,由于切换开关没有完成切换动作,即切换开关中各触头没有断开,造成分接选择器与分接开关部分回路形成环流,导致分接选择器部分导电环及4挡、5挡部分触头发生烧蚀。

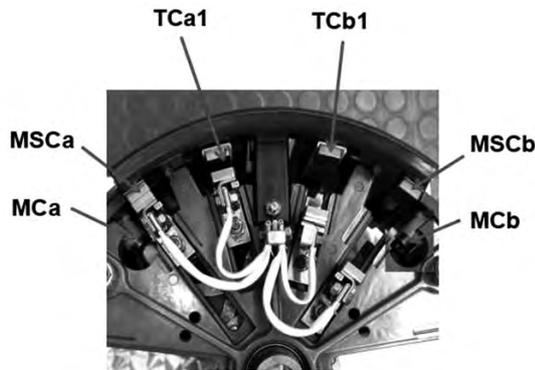


图8 典型M型分接开关切换开关结构

这次事故发生的原因因为开关工艺控制不到位,有载开关筒底导线与筒底齿轮的距离不够,导致切换开关筒底齿轮与分接选择器导线摩擦使得导线断股,造成重瓦斯保护动作;同时,导线对筒底齿轮运动的阻碍影响切换开关的切换过程,使得有载分接开关中出现拉弧及环流,造成有载分接开关烧蚀。

5 结 语

有载分接开关是大型变压器的核心组件之一,是在变压器正常运行状态下唯一能够运动的部件。加强变压器监造、交接等过程中有载分接开关的相

关工作,对于确保变压器质量及电网安全可靠运行有重要作用。

针对此次事故发现的问题,提出以下建议:

1) 复核近几年该厂家此型号的投运变压器现场吊罩时的照片,重点观察有载筒底导线与齿轮的距离是否满足绝缘要求。对不满足绝缘距离的变压器开展检修进行整改。

2) 加强验收工作,尤其是厂内监造时的关键点验收以及现场吊罩器身检查时对隐蔽部位验收。

3) 有载分接开关动作次数或运行时间达到制造厂规定值时,要及时对开关进行吊芯检查大修。重点检查螺栓、螺母、线卡紧固情况,检查各触头压力和磨损情况。

参考文献

[1] 姚志松,姚磊.有载分接开关实用手册[M].北京:中国电力出版社,2002.

[2] 胡启凡.变压器试验技术[M].北京:中国电力出版社,2010.

[3] 谢毓城.电力变压器手册[M].北京:机械工业出版社,2014.

[4] 张德明.变压器分接开关选型与使用[M].北京:中国电力出版社,2006.

[5] 变压器油中溶解气体分析和判断导则:GB/T 7252-2001[S],2001.

[6] 运行中变压器油质量:GB/T 7595-2008[S],2008.

作者简介:

谢 茜(1990),工程师,博士,主要从事变压器类设备状态评价、故障分析及新技术研究。

(收稿日期:2019-09-22)

(上接第34页)

4 结 论

1) 通过试验验证,故障关合接地开关用压缩弹簧30年后应力松弛率为5.3%。

2) 通过动力学仿真和解析计算,均得出了30年后弹簧能量依然能够满足故障关合接地开关关合特性的要求,开关能够关合到位。

参考文献

[1] 魏芳荣,李家俊,李群英,等.螺旋压缩弹簧应力松弛

性能的动态试验研究[J].金属热处理,2007,32(4):47-50.

[2] 苑舜.高压断路器弹簧操动机构[M].北京:机械工业出版社,2001.

[3] 黎斌.SF₆高压电器设计[M].北京:机械工业出版社,2010.

作者简介:

朱 青(1984),本科,工程师,主要从事高压开关研发设计、动力学仿真优化和产品可靠性基础研究。

(收稿日期:2019-10-24)