

高海拔地区主变压器雷击跳闸事故分析及探讨

李守军¹ 曹云¹ 覃战¹ 李燕伟² 秦浩¹ 达瓦索朗¹

1 华能西藏雅鲁藏布江水电开发投资有限公司藏木水电厂

2 华能西藏雅鲁藏布江水电开发投资有限公司加查水电厂

DOI:10.12238/hwr.v6i8.4523

[摘要] 电力系统过电压是危害电力系统安全运行的主要因素之一,系统中的过电压主要来源于两个方面,其一是雷电和雷击所引起,其二是由操作过程中引起的内部过电压。雷击事故在目前电力系统中占比较大,尤其在高原地区雷电天气频繁,故因雷击造成主变压器跳闸的情况时有发生,为保证主变压器的安全稳定运行,就必须深入分析雷击跳闸事故的原因,并采取必要的防雷措施来避免此类事故的发生。

[关键词] 变压器; 事故; 雷击; 避雷器

中图分类号: TF762+.6 **文献标识码:** A

Analysis and Discussion on Lightning Trip Accidents of Main Transformers in High Altitude Area

Shoujun Li¹ Yun Cao¹ Zhan Tan¹ Yanwei Li² Hao Qin¹ Dawasuolang¹

1 Zangmu Hydropower Plant of Huaneng Tibet Yarlung Zangbo River Hydropower Development Investment Co., Ltd

2 Jiacha Hydropower Plant of Huaneng Tibet Yarlung Zangbo River Hydropower Development Investment Co., Ltd

[Abstract] Overvoltage in power system is one of the main factors that endanger the safe operation of power system. Overvoltage in power system mainly comes from two aspects: one is caused by lightning and lightning stroke, and the other is caused by internal overvoltage during operation. Lightning stroke accidents account for a large proportion in the current power system, especially in the plateau area where lightning weather is frequent, so the tripping of the main transformer caused by lightning stroke occurs from time to time. In order to ensure the safe and stable operation of the main transformer, it is necessary to deeply analyze the causes of lightning trip accidents and take necessary lightning protection measures to avoid such accidents.

[Key words] transformer; accidents; lightning stroke; lightning arrester

引言

变压器是电网中的重要设备,它的安全可靠运行,直接影响着电力系统的安全稳定运行,但是变压器在长期运行中会因绝缘损坏、绕组短路、过电压等原因发生事故。随着电力系统不断发展,通过调整系统运行方式、提高变压器短路阻抗、降低变压器短路电流等方面有效抑制了操作时的内部过电压,但雷击引起变压器损坏故障仍有发生,以下对一起高海拔地区变压器雷击损坏事故作一分析探讨。

1 ZM水电站简介

ZM水电站位于高原温带季风半湿润气候地区,海拔高度3310m。ZM水电站雨季的高原气候变化剧烈,经常有刮风下雨雷电强对流天气,主要集中在6-9月。

ZM水电站#1、#3~#6主变选用5组100/100MVA、220/13.8kV户外高原型三相组合式双绕组铜线圈无载调压强迫油导向循环强迫风冷却升压电力变压器, #2主变选用1组100/30/100MVA、

2220/35/13.8kV户外高原型三相组合式三绕组铜线圈无载调压强迫油导向循环强迫风冷却升压电力变压器。

2 ZM主变压器主要技术参数

2.1 #1、#3~#6主变基本参数

型号: SFP10-H-10000/220GY

额定容量(kVA): 100000/100000

额定电压(kV): 242±2×2.5%/13.8

额定电流(A): 238.6/4183.7A

联结组标号: YNd11

冷却方式: ODAF

2.2 #2主变基本参数

型号: SFPS10-H-100000/220 GY

额定容量(kVA): 100000/30000/100000

额定电压(kV): 242±2×2.5%/38.5±2×2.5%/13.8kV

额定电流(A): 238.6/449.9/4183.7A

联结组标号: YN, yn0, d11

冷却方式: ODAF

2.3 #1、#3~#6主变额定绝缘水平

	1min 工频耐受电压(有效值)kV	雷电全波冲击耐受电压(峰值)kV	雷电截波冲击耐受电压(峰值)kV
高压	395	950	1050
高压中性点	200	400	-
低压	45	105	105

2.4 #2主变额定绝缘水平

	1min 工频耐受电压(有效值)kV	雷电全波冲击耐受电压(峰值)kV	雷电截波冲击耐受电压(峰值)kV
高压	395	950	1050
中压	85	200	220
低压	45	105	105
高压中性点	200	400	-

3 ZM 主变压器雷击跳闸简介

3.1 跳闸情况

2018年06月09日,6号主变(型号: SFP10-H-100000/220GY)发生主变保护动作跳闸事件,6号机组瞬时切负荷33.4MW。跳闸原因为6号主变保护A、B套差动保护动作于跳主变高低压两侧开关,非电量保护中速动油压动作报警和轻瓦斯保护动作报警。

3.2 ZM主变接线情况

1至6号主变压器低压侧均装设有避雷器,而高压侧仅2号主变装有避雷器,其余主变高压侧未装设避雷器。

3.3 故障录波图

从故障录波图分析来看,6号主变故障发生时,6号主变(经放电间隙接地)中性点出现零流,持续1.6ms,峰值820A,有效值50A,表明中性点间隙被击穿,高压线圈中性点位置有过电压产生;220kV母线出现零序电压,持续4.8ms,峰值539.2kV;其中零序电压是雷电波侵入220kV GIS母线引起的可能性较大。但受故障录波器采样精的限制(雷电波通常是 μ S级),无法根据故障录波数据判断当时雷电冲击过电压的实际值,也无法判断是直击雷,还是感应雷造成的。变压器高压侧A、C相电流幅值增大,B相电流减小,动作差流为0.111A(B、C相),主变差动保护动作正常。

3.4 现场检查情况

现场试验数据情况:6号主变压器绕组对地绝缘电阻,铁芯、夹件对地绝缘电阻均合格,反映出变压器对地绝缘良好。三相直流电阻不平衡,C相绕组直流电阻偏大,异常,判断C相绕组出现故障;变压器油色谱分析,H₂、乙炔、总烃超标;C₂H₂/C₂H₄=52.7/22.84=2.31、CH₄/H₂=26.96/215.58=0.13、C₂H₄/C₂H₆=22.84/2.14=10.7,对照国标GB/T7252-2001中编码组合法,编码为102,初步判断为电弧放电兼过热。

现场解体检查情况:6号主变压器A、B相的线圈、开关及引

线、压板表面无异常;C相高压线圈下部末端第二、三饼3-4档间出现局部烧蚀,套装角环被熏黑。

3.5 运行环境情况

(1)事故发生时,现场为雷雨天气,且经查证当地雷电监测系统,6月9日事故发生当日,II回线路出现13次雷击记录,I回线路出现11次雷击记录。

(2)主变本体及中性点设备安装于上游副厂房主变室中,中性点安装位置不存在主变中性点被直接雷击的可能。主变中性点套管及避雷器均安装于变压器A相本体外侧,变压器C相距避雷器、放电间隙、中性点接地点较远,而这次故障恰好均发生在C相高压侧绕组。

(3)220kV GIS室共12个间隔,GIS室上方为220kV出线。I、II母线避雷器均安装在GIS母线靠近右岸侧,靠近左岸侧没有安装避雷器,而这次故障的6号主变间隔恰好均在母线靠近左岸端部,其上方为220kV备用出线间隔,距离母线避雷器较远,雷电波就近侵入6号主变压器,加之变压器中性点为经放电间隙接地,雷电波侵入高压侧绕组后,无法直接引入大地,造成中性点过电压或在绕组内波反射。又由于变压器C相距主变中性点避雷器、放电间隙较A、B相远,所以C相绕组绝缘受损的机率相对A、B相稍大。

(4)6台主变高压侧断路器间隔中,仅2号主变高压侧间隔安装了避雷器。截至目前该组避雷器动作次数为:A相1次、B相3次、C相3次,充分说明雷电(操作)过电压多次侵袭2号主变压器,变压器高压侧的避雷器起到了保护变压器,防范过电压危害的作用。

3.6 跳闸原因分析

(1)主要原因:根据厂内检查、故障录波数据等参数综合分析得出:6号主变故障是由于雷电波侵入引起。通过分析故障录波数据,220kV母线电压波形显示6号主变故障时系统存在雷电过电压(录波图记录3U₀峰值为543.246kV,中性点标准值为400kV),雷电波侵入变压器高压绕组,中性点保护间隙放电形成的截波在高压绕组尾端饼间和匝间形成较高电位梯度,超过主变设计的绕组纵绝缘承受能力,导致高压绕组尾端纵绝缘击穿故障,引起主变差动保护动作。

(2)次要原因:设计单位关于电站的防雷保护设计符合相关国家、行业标准规范,但对高原多雷地区电站设计采取的防雷措施针对性不足;6号主变压器距离220kV母线避雷器较远,设计标准限制距离为130m,实际电气距离为123.8m(裕度偏小),雷电波可就近侵入6号主变压器。

3.7 运行采取的临时措施

(1)可考虑临时合上备用出线间隔线路侧接地刀闸。
(2)与电网公司协调主变中性点的接地运行方式,使高压侧未装设避雷器的主变中性点直接接地运行,既能保证断路器的遮断容量,又能降低主变中性点电压。

(3)加强雷电雨季避雷器动作次数统计与故障录波数据的收集分析,要求每次现场打雷后,对全厂避雷器动作次数及泄漏

电流进行统计。

(4)对全站范围内避雷器系统全面核查,并研究制定防雷设计方案。

(5)加强现场避雷器等设备的巡检,发现问题,及时处理。

4 高海拔地区变压器防雷措施探讨

(1)从强化电站防雷安全角度,结合现场实际情况,进一步完善电站雷电防护设计,对于超出母线避雷器保护范围的电气主设备,均应考虑加装避雷器。

(2)在所有主变高压侧增加避雷器,降低雷电侵入波的过电压水平。

(3)优化主变中性点过电压的保护设计,选择合适的中性点保护间隙与避雷器技术参数,减少中性点保护间隙放电产生截波的概率。

(4)加强研究适合高原气候的主变压器性能参数,在制造时应根据气候环境等综合因素来考虑主变的绝缘性能,并留有一定的裕度。

(5)现场雷雨天气后,加强对引雷接地设施及接地网电阻的检查,发现断裂、烧蚀、接地网电阻不符合要求等情况及时处理。

5 结论

本文主要对一起地处高原且雷雨天气频发的主变压器雷击跳闸事故进行了分析,从事故特征、事故原因、事故整改措施等方面进行了阐述。从此次事故可看出,在高原雷雨天气频发环境下必须从防雷设计(如在主变高低压侧、母线及线路上装设避雷器等)及所处的气候环境等方面综合来考虑设备电气设备性能参数,避免因雷击造成事故。

[参考文献]

[1]钱旭耀.变压器油及相关故障诊断处理技术[M].北京:中国电力出版社,2006.

[2]林淑红.配电变压器防雷保护措施分析[J].科技资讯,2015,(11):1-3.

[3]李长益,蒋永平.两台35kV主变雷击事故分析[J].华东电力,2003,31(7):25-26.

作者简介:

李守军(1992--),男,汉族,青海海东人,本科,中级工程师,华能西藏雅鲁藏布江水电开发投资有限公司藏木水电厂,研究方向:水电集控运行。

曹云(1989--),男,汉族,青海民和人,大学本科,中级工程师,华能西藏雅鲁藏布江水电开发投资有限公司藏木水电厂,研究方向:水电站运行。

覃战(1989--),男,汉族,四川省达县人,本科,中级工程师,华能西藏雅鲁藏布江水电开发投资有限公司藏木水电厂,研究方向:水电站运行分析。

李燕伟(1989--),男,汉族,河北省张家口市尚义县人,本科,中级工程师,华能西藏雅鲁藏布江水电开发投资有限公司加查水电厂,研究方向:水电集控运行。

秦浩(1989--),男,汉族,河北石家庄人,本科,中级工程师,华能西藏雅鲁藏布江水电开发投资有限公司藏木水电厂,研究方向:水电集控运行。

达瓦索朗(1989--),男,藏族,西藏山南人,本科,工程师,华能西藏雅鲁藏布江水电开发投资有限公司藏木水电厂,研究方向:水电运行。