

# 对某 35 kV 开关柜绝缘缺陷造成全厂停电的事故分析

陈海平

(华能海南发电股份有限公司, 海南 海口 570105)

**摘要:** 分析了一场由于开关柜绝缘缺陷而造成某发电厂全厂停电的事故。首先介绍了事故的发生经过以及现场检查情况。其次,从保护动作行为和相间短路两个方面对事故原因进行了分析。分析表明,开关柜工作环境、断路器绝缘状态以及消弧方式是导致相间短路的可能原因。最后,针对事故原因的分析给出了相应的整改意见,对预防类似事故的发生有一定参考意义。

**关键词:** 开关柜绝缘; 击穿; 放电; 相间短路

**Abstract:** An outage accident which is resulted from the insulation defect of a 35 kV switchgear is analyzed. Firstly, the process of the whole accident and the details of onsite inspection are introduced. Secondly, the accident is analyzed in terms of the protection performance and interphase short-circuit. The working environment of the switchgear, the insulation status of circuit-breaker and the manner of the arc suppression are recognized as the key reasons accounting for this accident. In the end, some measures that are helpful for preventing the similar accidents are put forward.

**Key words:** switchgear insulation; breakdown; discharge; interphase short-circuit

中图分类号: TM855 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2014)02-0078-03

## 0 引言

厂用电系统是发电厂的重要组成部分,厂用电事故不但会造成主机停役、全厂停电等自身严重的经济损失,还可能破坏电力系统的运行稳定,甚至电网瓦解,而大面积停电又将引起社会不安定。因此,防范全厂停电事故意义重大,而对其危害最大、后果最严重的则是发电厂用开关柜的烧毁事故,虽然有关发电厂对用电系统和设备存在的问题进行了认真分析和试验,并采取了相应的改进和改造措施,起到一定的遏制效果,但各省范围内发电厂用开关柜的烧毁事故仍年年都有发生。据不完全统计,厂用开关柜事故原因主要有以下几类:绝缘缺陷、载流部分过热、开断事故、小动物、误操作以及外部短路等<sup>[1]</sup>。

国内的 35 kV 开关柜主要有箱式固定柜 XGN-40.5、手车柜 GBC-40.5、金属铠装柜 KYN-40.5 以及充气柜等种类,其结构形式主要有箱型、间隔型、铠装型 3 种。按绝缘方式划分主要有空气绝缘、固体复合绝缘、气体绝缘等<sup>[2]</sup>。近年来,35 kV 高压开关柜广泛应用于变电站、发电厂,其技术在近 10

年来有了较大进步,但在设计、安装和运行维护等方面存在着不同程度的问题,因而事故率比较高。发电厂中开关柜事故起因涉及面较广,而且危害大<sup>[3-4]</sup>。

保电网必须保大机组,保机组必须保厂用电。为保证厂用电系统的安全可靠运行,必须努力避免厂用开关柜的损坏事故。因此,下面针对 2012 年 7 月某发电厂发生的一起因 35 kV 高压开关柜故障导致主变压器开关跳闸引起全厂停电的事件进行分析,并提出相应整改措施,为各发电厂的可靠运行提供参考。

## 1 事故情况

首先对事故发生前的运行环境、操作情况及故障过程进行介绍,然后对事故现场进场勘查并查找故障点。

### 1.1 事故经过

事件发生前,天气晴,一期 110 kV 主变压器带 35 kV 母线运行,见图 1。事故发生时变电站无操作。

2012 年 7 月 13 日 22 时 01 分,第 3 组风机

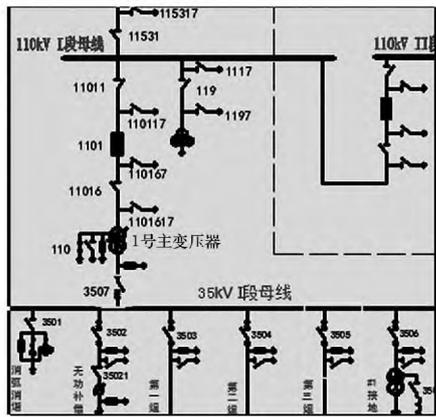


图 1 电厂主接线方式图

3505 开关检修结束投入运行 1 小时后,发生由单相接地迅速发展至三相短路,主变压器高压后备复压过流 I 段保护动作跳主变压器高、低压侧开关 1101、3507 造成全厂停电事件的发生。

### 1.2 现场检查情况

对事故现场进行勘察,发现事故点位于 35 kV 开关室第 3 组风机 3505 开关柜。

现场进行试验,发现该 3505 开关柜操作机构即可正常动作。通过目测可观察到该断路器表面被熏黑,静触头盒表面被严重烧蚀,断路器极柱被烧蚀,上触头臂表面被熏黑,下触头臂热缩套表面被显著烧熔,极柱与触头臂的连接处有明显被烧熔的痕迹,开关下出线端的触指有明显被熏黑的迹象。

## 2 事故原因分析

首先通过对故障录波图和微机保护动作过程进行分析,排除了保护误动的可能,并划定故障范围;然后结合故障录波图、现场勘查情况以及平时设备的运行维护状况对故障原因进行了分析。

### 2.1 保护动作行为分析

第 3 组风机 3505 开关柜的电流互感器在开关柜负荷侧,但短路故障点在开关本体,故障电流未流过该开关柜的电流互感器,因此 3505 开关保护未动作。

该故障点在 1 号主变压器差动保护范围外,故障录波显示 1 号主变压器高压侧 A、B、C 三相二次短路电流分别为 16.7 A、17 A、16.5 A,超过 1 号主变压器高压后备复压过流 I 段保护定值 5.4 A,整定时间 0.5 s,因此 1 号主变压器高压后备复压过流 I 段保护动作分别跳开主变压器高、低压侧开关

1101、3507,最终造成全厂停电事件。

经分析判断,可知以上保护动作行为均正确。

### 2.2 三相短路原因分析

#### 1) 排除机械动作特性因素

经现场对故障断路器机械动作特性测试,其分闸速度、合闸速度、超程以及动作曲线等参数都符合要求,所以,可以首先排除因断路器机械动作特性不满足要求而导致故障的发生。

#### 2) 初判为电压绝缘故障

从故障录波图、微机保护动作过程及开关现场检查情况判断,此次故障是由该断路器绝缘整体受潮,操作机构提升杆绝缘较低而引起的一起电压绝缘故障。

由于该发电厂位于沿海地带,不仅空气湿度大,且盐密度也大,因此故障发生初期,断路器操作机构 B 相提升杆受潮绝缘水平相对较低运行情况下,B 相下静触头通过该提升杆表面放电导致单项间歇性接地,进而导致在 35 kV 不接地系统采用经消弧线圈及消弧消谐装置同时接地的运行方式时,引起系统谐振过电压,最终导致该断路器三相对地短路形成相间短路故障。

#### 3) 综述故障原因

综上所述,可排除因断路器机械动作特性不满足要求而引发故障;该起故障主要有以下 3 方面的原因。

①事故发生前,该断路器长期放置在开关柜外,处于备用状态,长期暴露于地处海边的湿度大、盐密度高的开关室环境中,且投运前未及时进行干燥处理。

②断路器送电前即已经处于绝缘水平相对较低的状态,但在检修试验时未被及时检查发现。

③发生故障的 35 kV 系统(不接地系统),设计时采用经消弧线圈及消弧消谐装置同时接地的方式运行,但该系统的计算电容电流大约为 70 A,远大于相关标准要求的 30 A。因此,在此接线方式下运行时,若发生单相接地故障时,则会引起工频谐振过电压。

## 3 防治措施

针对此次因设备运行维护不到位、开关室内湿度与盐度大以及系统运行方式存在隐患等各方面原

因所导致的事故分析,主要从开关柜的运行维护、定期轮换、系统接地方式以及发电厂停电事故应急预案的良好执行等方面提出整改防治措施,避免类似事故的再次发生,尽可能保证全厂停电情况下的人员以及各类设备的安全。

1) 改善开关室及柜内运行环境:改善开关室及柜内运行环境,必要时在开关室内配置大功率除湿设备,安装空调。定期对开关室通风及除湿设备进行检查,特别是在雨季和霉雨气象情况下对室内设备除湿效果的监测和检查,确保开关室的通风及除湿设备运行正常。

加强开关柜的运行维护,当开关柜内断路器退出运行时,及时将该开关柜内的除湿加热装置投入运行。

2) 强化设备定期轮换制度:严格执行设备定期轮换制度,认真执行运行规程,确保设备安全可靠地投入运行,避免发生因某一设备长期处于备用状态而出现受潮、积污等降低设备绝缘水平的现象。

3) 完善 35 kV 系统运行方式:综合考虑发电厂运行环境以及设备运行维护情况,为避免再次发生类似系统谐振过电压事故,建议对该发电厂 35 kV 系统(不接地系统)的消弧设计方式进行修改,只保留经消弧线圈接地方式运行,取消消弧消谐装置。

4) 落实发电厂停电事故应急预案:为保证由于各种因素引发的全厂停电事故情况下的人员及设备安全,有必要从组织机构层面明确人员职责范围,定

(上接第13页)

响。同时可以发现高周策略由于启动时间较早,因此效果更为明显。

参考文献

[1] 周佩朋,项祖涛,杜宁,等. 西北 750 kV 电网合空变导致青藏直流闭锁故障分析[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(10): 129 - 133.

[2] 种芝芝,粟小华,刘宝宏. 西北电网主变充电引起青藏直流闭锁的原因分析及对策[J]. 电力建设, 2013, 34(3): 88 - 91.

[3] BRUNKE J H, FROHLICH K J. Elimination of Transformer Inrush Current by Controlled Switching —— Part 1: Theoretical Consideration [J]. IEEE Trans. on Power Delivery 2001, 16(2): 276 - 280.

[4] BRUNKE J H, FROHLICH K J. Elimination of Trans-

former Inrush Current by Controlled Switching —— Part 2: Application and Performance Considerations [J]. IEEE Trans on Power Delivery 2001, 16(2): 281 - 286.

[5] POVH D, SCHULTZ W. Analysis of Overvoltage Caused by Transformer Magnetizing Inrush Current [J]. IEEE Trans on Power Apparatus and Systems, 1978, 97(4): 1355 - 1365.

[6] 谢达伟,洪乃刚,傅鹏. 一种变压器空载合闸励磁涌流抑制技术的研究[J]. 电气应用, 2007, 26(3): 34 - 38.

4 结 语

35 kV 高压开关柜是发电厂的重要设备之一,其运行状态对发电厂乃至电力系统的安全可靠运行有着重大影响。

通过对这起 35 kV 开关柜绝缘缺陷导致主变压器开关跳闸引起全厂停电的事件原因进行分析,就开关柜运行维护、轮换制度、35 kV 系统接地方式以及发电厂停电事故应急预案的全面执行等方面提出整改及防治措施,供各发电厂作为参考,希望可以对预防类似事故再次发生起到一定的作用。

参考文献

[1] 戚永康. 浙江省火力发电厂厂用电高压开关柜事故分析[J]. 浙江电力, 1997(2): 6 - 10.

[2] 朱雪松. 几起典型的 220 kV 变电站 35 kV 开关柜故障及其防治对策[J]. 湖州师范学院学报, 2011(33): 217 - 219.

[3] 朱根良. 浅议中压开关柜事故调查中的故障分析[J]. 高压电器, 2002, 38(5): 62 - 63.

[4] 崔成恕,高华. 金属封闭开关设备的发展浅析[J]. 高压电器, 2003, 39(2): 18 - 22.

[5] 张聘,高丕俭. 防范全厂停电事故[J]. 电力安全技术, 2005(7): 44 - 45. (收稿日期: 2013 - 11 - 29)

former Inrush Current by Controlled Switching —— Part 2: Application and Performance Considerations [J]. IEEE Trans on Power Delivery 2001, 16(2): 281 - 286.

[5] POVH D, SCHULTZ W. Analysis of Overvoltage Caused by Transformer Magnetizing Inrush Current [J]. IEEE Trans on Power Apparatus and Systems, 1978, 97(4): 1355 - 1365.

[6] 谢达伟,洪乃刚,傅鹏. 一种变压器空载合闸励磁涌流抑制技术的研究[J]. 电气应用, 2007, 26(3): 34 - 38.

作者简介:

滕予非(1984),博士,工程师,研究方向为电力系统及其新型输电的分析与控制;

汤凡(1983),硕士,助理工程师,研究方向为电力系统稳定与控制;

魏巍(1984),博士,工程师,研究方向为电力系统稳定与控制。(收稿日期: 2013 - 12 - 16)