

电磁涡流造成机组跳闸技术分析及预防

杜喜来

(内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司,呼和浩特 010206)

摘 要:由于安装位置不合理,金属电缆槽盒长期处于发电机强大的电磁场内,电磁涡流会引起金属槽盒长期发热,最终使金属槽盒内二次电缆绝缘性能降低,造成继电保护误动作,机组跳闸。针对这类事故进行技术分析,从设备的设计、选材、安装、调试、运行方面进行对标自查、整改。在出现由涡流引起的发热故障后,应尽早正确地处理,避免此类故障的发生,保证发供电的可靠性。

关键词:电磁涡流;电缆槽盒;二次电缆;继电保护;绝缘

中图分类号:TM 77 **文献标志码:**B **文章编号:**1674 - 1951(2018)10 - 0054 - 02

1 事故概述

某发电机组带 270 MW 负荷正常运行。2017 - 05 - 12 T 16:56,机组跳闸,厂用电切换。此时,发变组保护 A 屏无保护启动,B 屏 CSC - 300G 保护装置“发电机差动”动作、“TA 异常”灯亮。调取该时段故障录波器记录,发现发电机电压、电流均正常,无突增、突降情况;调取发变组 B 屏保护记录波形发现发电机中性点 A 相、B 相电流无变化,C 相电流呈明显减小趋势。B 屏差动保护启动定值 1.02 A,动作时差动电流达 2.281 A,制动电流为 1.867 A。

检查发现发电机中性点电流互感器(CT)本体接线盒至电缆槽盒处,C 相二次电缆有过热痕迹,绝缘能力降低,造成保护误动作事件。对受损线芯进行绝缘防护后测量二次电缆绝缘符合规程要求,恢复机组并网运行。

2 事故原因分析

发电机差动保护是比较发电机机端、中性点两侧电流的大小和相位,反映发电机及其引出线的相间故障。

对发变组保护 B 屏 CSC - 300G 装置进行采样、测试,并对发电机差动保护功能校验后,未发现异常。根据保护 B 屏发电机差动动作报告计算,当时机端电流为 3.010 A,中性点电流为 0.794 A,初步判断发电机差动保护动作跳闸原因可能为中性点 C 相 CT 二次回路存在分流情况^[1]。

在发变组保护 B 屏测量发电机差动保护用中性点侧电流回路(4021)中三相直阻平衡且均为 6.6 Ω。用 1000 V 电摇表测量 4021 外回路电缆对

地绝缘为 60 MΩ,比检修时所测量的绝缘数值有所降低(检修时对地绝缘为 500 MΩ)。至就地端子箱使用 2500 V 电摇表测量发电机中性点侧(4021)电流互感器本体二次电缆对地绝缘电阻,A 相、B 相二次回路的对地绝缘为 600 MΩ,C 相二次回路对地绝缘达到 5 MΩ 时归零,判断中性点 CT 本体二次线存在绝缘不良问题。

在检查发电机中性点 CT 本体处时,发现从电缆槽盒至 CT 本体接线盒处电缆有过热痕迹(如图 1 所示),整理电缆线芯后,测量 C 相二次电缆绝缘恢复至 600 MΩ。在发电机中性点 CT 本体接线盒及就地端子箱处,将保护 B 屏发电机差动用(C4021)与故障录波器测量用(C4031)二次电缆互换,并对受损线芯进行绝缘防护。在就地端子箱测量中性点 CT(4021)的平衡三相直阻为 6.6 Ω。使用 2500 V 电摇表测量本体二次电缆绝缘,A 相、B 相二次回路对地绝缘 600 MΩ,C 相二次回路对地绝缘 600 MΩ,二次电缆绝缘均正常。



图 1 槽盒处 C 相电缆芯受伤情况

在机组并网后,测量中性点侧 CT 二次电缆槽盒(铁质)温度在 70 ~ 94 ℃,测量其他运行机组的 CT 二次电缆槽盒温度在 45 ~ 55 ℃。分析其过热原因为 #12 机发电机中性点 CT 二次电缆槽盒位于中性

点 CT 正下方,发电机产生的强磁场在铁质槽盒形成较大涡流,引起槽盒发热。而其他机组 CT 二次电缆槽盒均与 CT 本体距离较远,无此现象(如图 2 所示)。

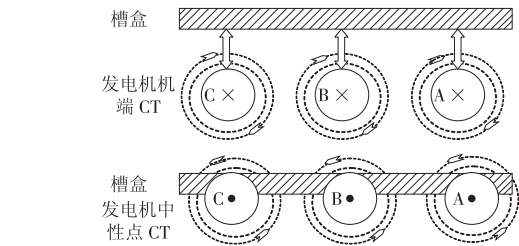


图 2 #12 发电机极端、中性点、电缆槽盒俯视

经检查发现 A 相、B 相电缆外护套齐全,只有槽盒内 C 相电缆外护套剥除,露出电缆芯线约 2.5 m。长期在强磁场环境下高温过热,电缆芯线灼伤导致 C 相电缆绝缘能力降低,电流分流,最终致使发电机差动保护动作。

3 涡流的形成原理

引起槽盒发热的原因 为涡流效应,即法拉第电磁感应定律:当把一个块状形金属导体置于交变的磁场时,金属导体内产生感应电流,此感应电流在导体内闭合,形成所谓的涡流^[2]。强交变磁场会在封闭导体的圆周方向会产生感应电动势和感应电流,电流的方向沿导体的圆周方向转圈,形成涡流现象。

涡流产生的前提条件是必须要有交变的电磁场,而在本次事件中运行中的发电机正好符合这一工况:电流互感器中的交变电流在其周围产生交变磁场,使得装有二次电缆的电缆桥架长期发热。运行中的发电机所产生的交变磁场非常强,电缆槽盒的电阻非常小,涡流很强,所产生的热量也很大,致使金属槽盒严重发热。这不仅引起功率的损耗,降低设备使用寿命,更为严重的是毁坏了设备的耐绝缘性(特别是对失去防护的二次电缆绝缘),对设备的安全稳定运行危害性极大^[3]。

在生产中,要有针对性地对涡流进行预防,在设备的设计、安装、布局中,避免磁路构成闭合回路,例如单芯电缆敷设时不允许穿入钢管等铁磁性物体中,单芯电缆在安装时不允许穿过闭合的铁磁性支持物等^[4]。

4 经验及防范措施

继电保护的基本作用是监测电气设备的运行参数,包括电压、电流等模拟量及某些开关量。在电气一次设备发生不正常运行状态或者发生故障时,应及时对故障设备进行隔离,以避免故障扩大化;在电

气一次设备正常运行无故障时则应可靠不误动^[5]。

目前微机继电保护装置可靠性越来越高,误动案例逐步减少,应把二次回路作为机组检修时重点检查项目。

(1)重点检查剥除电缆绝缘外护套的电缆线芯外观是否完好,是否有外皮被金属刚蹭、刀口伤痕、潮湿进水、积尘过多等可能导致的绝缘薄弱的现象,做好绝缘加固、排除积水、清理尘土,防止二次线绝缘击穿导致保护误动。

(2)规范电缆敷设接线,二次电缆外护套及屏蔽层剥除长度不能过长,否则会降低电缆绝缘强度和抗干扰能力,且芯线外皮易被尖锐物刮伤。

(3)合理安装电缆槽盒位置,避开发电机大电流强磁场感应涡流影响,否则会导致槽盒发热,使电缆绝缘性能降低。

(4)出口继电器动作电压值应介于 55% ~ 70% 控制电压范围内,避免控制回路接地导致出口继电器误动^[6]。

(5)合理规划检修项目,重视重要设备及二次回路,检修中对电缆槽盒内无外护套的电缆芯线状况进行检查,严格把控设备检修质量。

(6)加强日常设备管理及风险、隐患排查,对发电机 CT 二次线进行测温检查,及早发现电缆槽盒温度异常,避免电缆线芯绝缘受损导致的机组非停。

(7)改变传统的“重装置、轻回路”观念,消除技术短板,在检修过程中注重保护装置校验的同时,对二次回路检查要深入、彻底^[7]。对重要的二次电缆建立清册进行重点关注,停电时重点检查,运行中重点巡视、测温,以便及时发现电缆、接线异常情况,积极采取措施处理。

(8)了解掌握涡流磁场强度与方向,采取先拆除电缆盖板的方法减小磁场涡流对槽盒内电缆的影响,观察槽盒温度降低效果。

将电缆槽盒进行移位,彻底解决磁场涡流导致槽盒发热的隐患。

(9)使用屏蔽电缆,电缆屏蔽层两端接地;使用大功率继电器,提高保护的抗干扰能力,防止长距离电缆电磁干扰导致的保护误动^[8]。

5 结束语

电磁涡流会造成金属导体长期发热,导致二次电缆绝缘能力降低、保护误动作,严重影响一次设备的正常运行,对发电厂的安全稳定运行及继电保护的可靠性也造成严重影响,应采取科学的方法解决金属导体中涡流损耗发热的缺陷,通过设备的设计、选材、安装、调试和运行避免此类故(下转第 62 页)

目前,脱硫废水烟气蒸发处理技术在国内的工程应用见表 2。

表 2 国内脱硫废水烟气蒸发处理技术应用业绩表

序号	工程案例	机组容量/MW	技术路线	处理能力/(m ³ ·h ⁻¹)	投运时间
1	华能上都	4×600	直接烟道喷雾蒸发	8	2011-12 2015-10
2	常熟电厂	1×300	直接烟道喷雾蒸发	1.5	2013
3	华电桓仁	2×12	直接烟道喷雾蒸发	1	2015-03
4	华电哈发	3×25+12+15	直接烟道喷雾蒸发	3	2016-01
5	华电土右	2×660	直接烟道喷雾蒸发	10.5	2016-04
6	华电灵武	2×600	直接烟道喷雾蒸发	12	2016-03
7	焦作万方	2×350	双流体喷雾蒸发塔	8	2015-09
8	大唐阳城	1×350	双流体喷雾蒸发塔	1	2017-07
9	浙能长兴	1×330	旋转喷雾蒸发塔	3	2016-08
10	临汾热电	1×300	旋转喷雾蒸发塔	5	2017-07
11	华电扬州	2×330	旋转喷雾蒸发塔	10	2018-05

5 结论

脱硫废水烟气蒸发处理技术在建造和运行成本方面具有良好的竞争优势,同时没有固体废弃物产生,是极具市场前景的技术路线。

燃煤电厂应根据自身的实际情况进行技术路线的优化选择。条件允许的情况下,可优先选用安全可靠较高的旁路烟道喷雾蒸发技术实现脱硫废水的零排放。

为提高脱硫废水烟气蒸发系统的可靠性,保证系统的长期安全稳定运行,提出如下建议。

- (1)在采用双流体喷枪时,为避免脱硫废水中的高盐分析出,从而堵塞喷枪喷嘴,建议对废水进行软化预处理,以脱除废水中容易结垢的钙、镁离子。
- (2)烟气温度的降低应控制在高于酸露点或者空预器出口温度以上,从而避免烟气的冷凝或未蒸发液体的夹带。

(3)可考虑在烟道内或蒸发塔内设置贴壁风,以减缓或避免脱硫废水的粘壁,从而对烟道产生结垢、腐蚀等不利影响。

(上接第 55 页)障的发生。同时在出现由涡流引起的发热故障后,应尽早正确地处理,保证发供电的可靠性。

目前已将该电厂机组电缆槽盒进行移位,远离强大电磁场,彻底解决了磁场涡流导致槽盒发热的隐患,同步排查其他运行环境并进行整改,至今没有发生由于电磁涡流造成电气设备过热情况问题。

参考文献:

[1]王维俭.电气主设备继电保护原理与应用[M].北京:中国电力出版社,1996.

[2]马信山,张济世,王平.电磁场基础[M].北京:清华大学出版社,1995.

[3]高保华.大电流电气设备的涡流发热及其防止措施[J].电工技术,2005(8):72-73.

参考文献:

[1]高原,陈智胜.新型脱硫废水零排放处理方案[J].华电技术,2008,30(4):73-75.

[2]刘海洋,江澄宇,谷小兵,等.燃煤电厂湿法脱硫废水零排放处理技术进展[J].环境工程,2016,34(4):33-36.

[3]杨跃伞,苑志华,张净瑞,等.燃煤电厂脱硫废水零排放技术研究进展[J].水处理技术,2017,43(6):29-33.

[4]康梅强,邓佳佳,陈德奇,等.脱硫废水烟道蒸发零排放处理的可行性分析[J].土木建筑与环境工程,2013,35(S1):238-240.

[5]张净瑞,梁海山,郑煜铭,等.基于旁路烟道蒸发的脱硫废水零排放技术在火电厂的应用[J].环境工程,2017,35(10):5-9.

[6]贾绍广,于伟静,张润盘,等.蒸发塔技术用于脱硫废水的处理[J].环境工程学报,2017,11(4):2241-2246.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

连鹏(1977—),男,山西晋城人,工程师,工学硕士,从事水处理设计、研究及开发方面的工作(E-mail:lianp@chec.com.cn)。

[4]张庆达.电缆实用技术手册:安装、维护、检修[M].北京:中国电力出版社,2006.

[5]毛锦庆.电力系统继电保护实用技术问[M].2版.北京:中国电力出版社,2003.

[6]张保会.电力系统继电保护[M].北京:中国电力出版社,2005.

[7]中国大唐集团公司.防止电力生产重大事故的二十五项重点要求实施导则[M].北京:中国电力出版社,2006.

[8]邹森元.《电力系统继电保护及安全自动装置反事故措施要点》条例分析[M].北京:中国电力出版社,2005.

(本文责编:陆华)

作者简介:

杜喜来(1982—),男,河北邯郸人,工程师,从事继电保护方面的工作(E-mail:beauty326@sina.com)。