

首钢 1# 高炉压差发电系统高压柜发热问题的分析

杜建华, 蒋海牙, 王海浩

(首钢京唐钢铁联合有限责任公司, 河北 唐山 063200)

摘要: 本文首先分析大电流系统中电涡流产生的原理, 结合京唐公司 1# 高炉 TRT 发电系统的高压柜发热实例, 然后详细的论述了该电涡流发热产生的原因, 然后提出了防止电涡流引起危害的措施。

关键词: 电涡流; 危害; 电磁感应; 措施

中图分类号: TM91 文献标识码: A 文章编号: 1003-7241(2016)12-0108-03

High Fever Problem Analysis for 1 # Blast Furnace TRT Power Generation System of Shougang Jingtang Steel Co., Ltd.

DU Jian-hua, JIANG Hai-ya, WANG Hai-hao

(Shougang Jingtang Iron & Steel United Co., Ltd. Tangshan 063200 China)

Abstract: This paper first analyzes the theory of electricity eddy current producing in the large current system, combined with the high fever for example as the 1 # blast furnace TRT power generation system of Shougang Jingtang Steel Co., Ltd., then detailed describes the eddy current fever reasons and puts forward its prevent the measure.

Key words: the eddy current; harm; electromagnetic induction; measures

1 引言

随着现代经济的发展, 大容量电气设备的运用越来越广泛, 尤其是发电厂、变电站、大型电机等大功率设备, 其相应的配套设备, 如载流母线, 套管, 电流互感器, 大容量独芯电缆等的载流量很大, 其电涡流引起的发热问题就不容忽视, 应引起电气工程人员的充分重视, 否则, 会产生严重后果。京唐公司 1# 高炉压差发电系统(即 TRT)于 2009 年 10 月初试车投产发电, 当时发电电流有 1500A 左右(最大发电电流能达 2400A, 一般稳定在 1400 ~ 1800A), 巡检时无意之中用手触摸高压柜柜体, 感觉温度非常高, 立即用测温枪测得 1# 发电机计量柜与 1# 发电机断路器柜之间的温度偏高, 最高点温度为 93℃, 最低点温度 60℃, 平均温度为 83℃, 由于发现及时, 未造成严重后果。

2 电涡流的产生的原理

根据法拉第电磁感应定律, 某个闭合回路中磁场的变化即磁通量发生变化, 就会在该闭合回路中产生感应电动势, 感应电动势的大小和该磁通量变化率成正比, 由于电路是闭合的, 所以会有感应电流产生, 感应电流的大小和磁通量及电导率成正比。

麦克斯韦电磁定律告诉我们, 任何变化的电场都会在周围空间产生同频磁场, 变化的磁场又会产生电场, 电场在导体内产生电动势, 若是闭合导体就会产生电流, 这就是电涡流产生的简单原理。

3 TRT 高压柜涡流发热的原因分析

涡流损耗发热在很多电气设备中都存在, 如变压器的铁芯损耗, 电动机的铁芯发热等, 这些发热如不及时有效降低和排出, 会对电气设备造成很大的危害, 使设备温升增大, 强度降低, 甚至还会引发火灾等。关于京

唐公司 1# 高炉 TRT 发电系统的高压柜发热就是由电涡流引起的。其高压柜母排安装如下图所示：



图 1 1# 高炉发电机计量柜

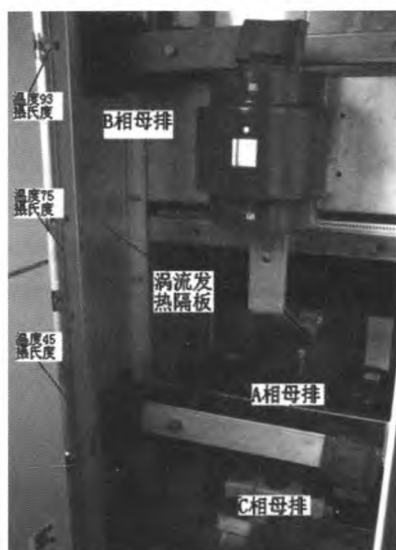


图 2 1# 高炉发电机断路器柜

TRT 发电时，A、B、C 三相母排中有 1500A 左右的电流流过，由上图所知，B 相母排离 A、C 相母排较远，虽然 A、B、C 三相电流对称，但它们中流过大电流在空间产生的磁通量不能相互抵消^[1]，尤其是 B 相所产生的磁通，显然在 B 相周围钢板的某一点其磁通量：

$$\Phi = \Phi_A + \Phi_B + \Phi_C \neq 0 \quad (1)$$

发电机的发电量越大时，在隔板上所产生的涡流也越大。

由公式可知，涡流损耗^[2]：

$$P_{\omega} = K_{\omega} f^2 B_m^2 V \quad (2)$$

式中：

f ----- 电流频率；

B_m ----- 磁感应强度最大值；

V ----- 铁磁物质的体积；

K_{ω} ----- 铁磁材料的电导率，与截面积的大小和形状有关。

在 TRT 系统中 P_w 全部转化为热量，由式子 (2) 可知 P_w 与 B_m^2 成正比^[3]，由电磁场理论可知， $\Phi = B \cdot S$ 。由图一和图二可知，离高压柜 B 相母线越近的地方，尤其是 B 相母线上部磁感应强度较大 (B 相母排下部磁通有和 A、C 相抵消的现象)，涡流发热也大，温度就越高，与手持测温枪所测结果相符。

首钢京唐公司 1# 高炉 TRT 发电系统高压柜发热问题最终是通过更换发电机计量柜和发电机断路器柜之间的隔板来解决的，更换的隔板材质为非铁磁材料，具有非导磁性。隔板更换完毕后，设备运行一段时间再次测量柜体温度，最高点温度只有 45℃，其它部位温度也只有 40℃左右，设备运行稳定，有效的证明了非铁磁材料能够降低涡流发热问题。

4 减小大电流电气设备中涡流发热的措施

4.1 减小磁通量变化来减小涡流发热

理论上，三相交流电平衡时，其电流向量和为零，三相电流在空间产生的磁场矢量叠加为零，那三相载流导体的“品”字排列时不会在周围空间产生变化的磁场，也不会闭合导体内产生涡流，设备就不会发热，通过合理的设计载流导体放置方位来减小涡流，当然完全使磁场矢量和为零是很难做到的，但可以大大降低涡流发热^[4]。

4.2 使用非铁磁材料来减小涡流发热

涡流产生的根本原因是该设备内部能产生磁场，由磁场产生电场，故会有电涡流产生。若使用非磁性材料和电导率小的材料做柜体侧板就能很大程度的减小涡流的产生，使其发热限制在一个合理的范围内^[5]。

首钢京唐 1# TRT 后来就是使用该方法，更换了发电机计量柜和发电机断路器柜之间的隔板，该隔板就是使用非磁性材料制成。最终将最高发热温度由 93℃降到 40℃左右，效果非常理想。

4.3 阻断涡流电流回路来降低涡流发热

钢板之所以能发热主要是内部有电流产生，如果阻断电涡流回路，设备就不会发热。对于 1# 高炉 TRT 来说，可以照下图 (3) 的方式，在隔板上开一个“十”字型的缝隙，利用空气的磁导率较小来阻断涡流通路，

(下转第 113 页)

的实现，所以最终采取了遥控设备控制。下图为四旋翼飞行器图和雾霾检测系统测量结果图。



图7 测量结果显示图

6 结束语

本文设计的基于四旋翼飞行器的雾霾监测系统充分利用了四旋翼的高机动、稳定性好、易操控等特点，把四旋翼巡航系统和雾霾监测系统有机的结合在一起，实现全方位、高精度、自动巡航空气监测。通过我们的监测，人们可以详细、彻底地了解周边环境的空气信息。同时可以把信息保存，交给相关部门研究，对于空气的监督起到积极的作用。

参考文献：

- [1] 丁胜, 冯雪. 浅论空气质量检测方法[J]. 污染防治技术, 2013, 26(1): 45-46.
- [2] 陈丽. 基于三维磁探测的弹丸姿态角检测技术研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2009: 15-36
- [3] 王永虹, 徐炜, 郝立平. STM32系列 ARM Cortex-M3 微控制器原理与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008
- [4] 刘火良, 杨森. STM32 库开发实战指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
- [5] 夏普公司. 夏普 GP2Y 1010A UOF 粉尘传感器产品说明书[R]. http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/gp2y1010au_e.pdf.
- [6] 杨明志, 王敏. 四旋翼微型飞行器控制系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2008, 16(4): 485-490.
- [7] BOUABDALLAH S, SIEGWART R. Full control of a quadrotor[C]//Proceeding of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. San Diego, USA, 2007: 104-183.
- [8] 刘峰, 吕强, 王国胜等. 四轴飞行器姿态控制系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2011, 19(3): 583-585.

作者简介: 张强 (1994-), 男, 本科, 研究方向: 测控技术与仪器。

(上接第109页)

从而减小涡流发热 P_w 。

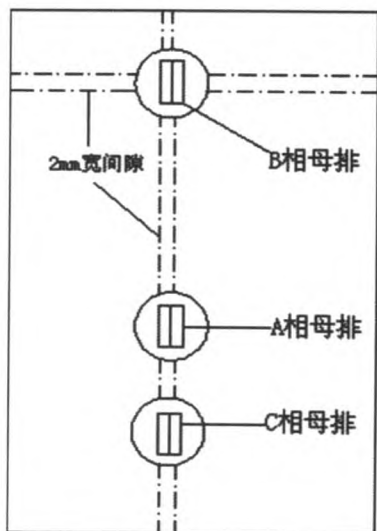


图3 高压柜隔板开缝示意图

当然为了不降低隔板的机械强度，可以将间隙用其他非磁性材料焊接修补处理，例如可以使用铜或铝等。

5 结束语

通过以上分析，大电流载流导体一定要合理排列，

对于大载流导体在设计安装时更要重视涡流问题，单芯电缆的外护管（穿越马路时）应选用塑料管等非铁磁材料^[6]，大电流设备的金属夹件也应选非磁性材料，总之，通过以上介绍的几种方法彻底从根源上予以解决，使其电涡流发热控制在合理的范围内。

参考文献：

- [1] 刘兵. 如何在电气工程中防止电涡流的危害[J]. 建筑电气, 2008, (6): 26-27.
- [2] 哈尔滨工业大学电工学教研室. 电工学[M]. 北京: 水利电力出版社, 1983: 160-172.
- [3] 秦曾煌. 电工学[J]. 高等教育出版社, 1999: 170-172.
- [4] 周展刚. 单芯电缆因保护套管发热烧毁原因探讨[J]. 电线电缆, 1990, (3): 57-58.
- [5] 钟晓峰. 如何防止电气工程中电涡流引起的危害[J]. 科技资讯, 2010, (15): 137-138.
- [6] 崔雪松. 浅谈电气工程电涡流引起的危害和防范措施[J]. 黑龙江科技信息, 2010, (29): 26-27.

作者简介: 杜建华 (1980-), 男, 工程师, 现从事高低压电气设备运行与维护管理工作。