

大型水电站励磁系统功率柜 典型故障分析及改进

王 静, 王志周, 王 啸, 王宝星, 陶 坡

[南瑞集团(国网电力科学研究院)有限公司, 江苏省南京市 211106]

摘 要: 本文结合现场实际情况对励磁系统功率柜的几个典型故障进行分析并针对性地提出功率柜运行维护建议。

关键词: 发电机; 励磁系统功率柜; 晶闸管; 故障分析; 运行维护

中图分类号: TM622 **文献标识码:** A **学科代码:** 570.30 **DOI:** 10.3969/j.issn.2096-093X.2018.05.012

0 引言

近年来,随着电力系统发展突飞猛进,电力系统是否稳定可靠运行愈发重要,而大型水电站是电力系统的重要环节,发电机励磁系统是大型水电机组重要的组成部分,对发电机及整个电力系统安全、稳定和可靠的运行起着极其重要的作用^[3]。功率柜是发电机励磁系统重要部分,对功率柜常见的故障进行分析,在日常对设备维护的过程中,可以及时的发现隐患从而提前消除故障,能更好地保障系统的稳定运行。本文将结合现场实际情况对励磁系统功率柜的几个典型故障进行分析并针对性地提出功率柜维护建议。

1 励磁系统功率柜典型故障

励磁系统功率柜一般由6只晶闸管三相全控整流桥、阻容吸收装置以及冷却系统组成。功率柜故障主要是指其完全失去或部分失去整流功能,阻容吸收故障和冷却系统故障最终都会反映在整流桥晶闸管故障上^[1]。

功率柜三相全控整流桥工作原理见图1。

如图1所示,正常触发是按1、2;3、2;3、4;5、4;5、6;1、6顺序导通。一个周期 360° ,每个阶段导通 60° ,共分6个阶段^[4]。

1.1 功率柜晶闸管失效故障

功率柜一般由6个晶闸管组成,6个晶闸管组成三相全控整流桥。当整流回路发生过压或者过热时,单个

或多个晶闸管就可能失效导致整流桥一个桥臂或多个桥臂停止导通^[2]。

某电厂机组正常运行时,发现转子电压异常,电压波形中少一个波头。调取故障录波发现,整流柜在报转子过压时晶闸管缺相运行,波形如图2所示。

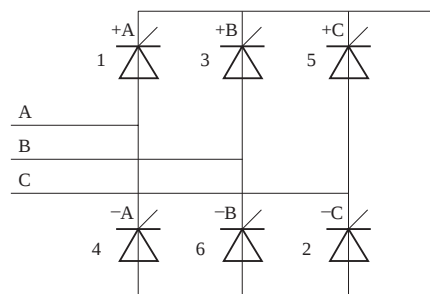


图1 三相全控整流桥

Fig.1 Three phase fully controlled rectifier bridge

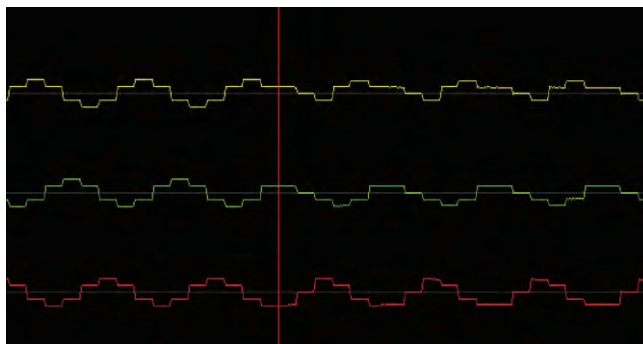


图2 现场晶闸管失效运行时励磁变压器高压侧电流波形
Fig.2 Current waveform of excitation transformer high voltage side during field SCR failure operation

如图 3 和图 4 所示, 利用仿真软件分析整流桥 -A (SCR4) 相失效情况下, 仿真励磁变压器高压侧波形与图 2 故障录波波形一致。

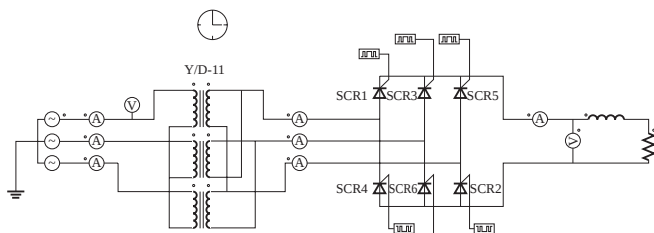


图 3 仿真电路
Fig.3 Simulation circuit

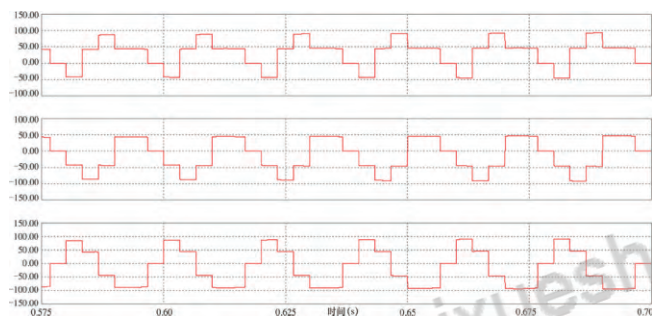


图 4 -A 相失效仿真励磁变高压侧波形
Fig.4 Excitation transformer high voltage side waveform of -A phase failure simulation

从图 2 故障波形可以看出在红线时刻, 晶闸管 -A 相没有触发导通, -C 无法换相到 -A。晶闸管触发保持之前触发状态, 由 +B、-C (3、2) 继续导通, 所以电流波形保持上一触发状态不变, 到下一阶段 +B 换相到 +C, +C、-C 同相导通, 电压输出为 0, 导致这一阶段无电流输出, 所以三相电流在这一时刻电流都回到零点。再到下一阶段 -C 换相到 -B, 正常导通, 电流也恢复正常。

现场经测量发现两台功率柜 -A 相晶闸管, GK 极之间电阻无穷大, 晶闸管阻断, 对两个晶闸管组件进行更换后, 开机测试转子电压波形恢复正常。

由图 5 可以发现 2 个拆开的晶闸管中心门极触发处都有一个黑点, 晶闸管的等效电路是由两只晶闸管构成, 门极所对应的晶闸管做触发用, 目的是当触发信号到来时将其放大, 然后尽快地将主晶闸管导通, 然而在短时间内如果电压过大, 主晶闸管还没有完全导通, 有较大的电流通过相当于门极的晶闸管流过, 而门极的晶

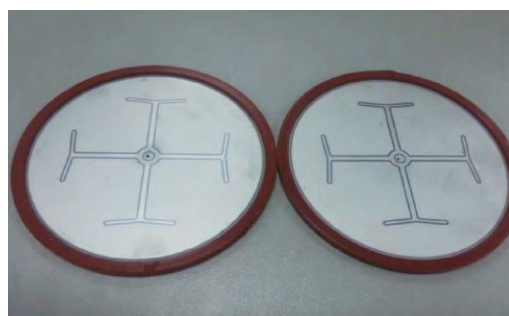


图 5 晶闸管门极过流损坏
Fig.5 SCR gate overflow damage

闸管的承载电流的能力是很小的, 所以造成此门极晶闸管烧坏, 表面看就是门极或放大门极附近烧成一小黑点。

1.2 功率柜晶闸管过热击穿故障

功率柜晶闸管工作时需流过较大电流, 晶闸管本身会产生较大热量, 所以功率柜需配置冷却系统一般由冷却风机通过强迫风冷实现。如果风道堵塞或者风机停风导致空气不能流通, 使晶闸管的热量不能随空气流通尽快散出, 最终会使晶闸管过热而击穿, 并在击穿时会发生短路导致桥臂支路过流而使得与晶闸管并联的快熔熔断而使支路停止工作。

晶闸管过热击穿一般会在晶闸管边缘某处出现一个烧损的缺口, 如图 6 所示由于现场功率柜顶部出口风道堵塞导致柜内空气无法流通, 最后晶闸管过热击穿。



图 6 晶闸管过热击穿
Fig.6 Overheat breakdown of SCR

1.3 功率柜内部短路故障

功率柜内部短路故障是指, 功率柜正常整流工作时, 由于有异物或部分过压造成局部放电导致短路, 由于功率柜工作时电压电流较大, 如果发生短路将会伴随起火, 对功率柜造成严重损坏。所以功率柜故障也是功率柜最严重的故障。

由于功率柜内积灰多导致闪络或柜内存在异物导致相间短路,此短路会导致部分整流元器件损坏,使得事故扩大化。现分析一个案例,现场由于异物导致晶闸管散热器发生相间短路,并产生拉弧现象造成短路现象扩大^[5]。

由图7故障录波器波形看:

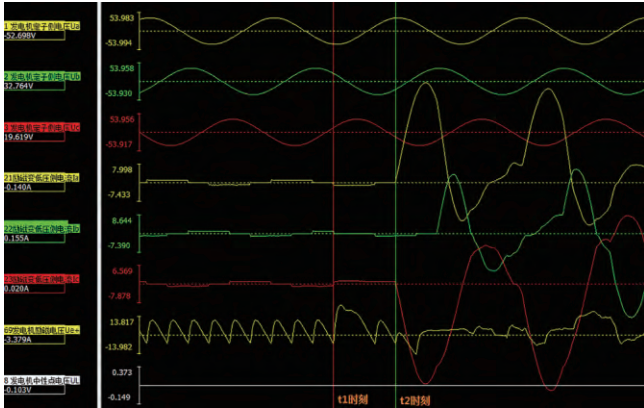


图7 励磁变压器低压侧电流录波

Fig.7 Waveform of excitation transformer low voltage side current

t1 以前,晶闸管整流桥由 +B/-C 相晶闸管导通;

t1 时刻,按照正常的换相顺序将要换相至 +B/-A 相晶闸管构成回路导通,从波形中可以看到,-C 相顺利换相至 -A 相,但同时时刻在共阴组却出现了 +B 提前换相 +C 相的情况。结合上文分析,判断此时由于掉入的异物搭接在 +C 相晶闸管散热器的 A/K 极上形成短路,t1 之后由于 C 相电压大于 B 相电压,使得 +B 相晶闸管承受反压关断,因此形成了 +C 相提前导通的情况。在 t1 至 t2 时间内,前后分别由 +C/-A 和 +C/-B 组成回路导通,电流经发电机转子,没有明显的突升。

t2 时刻,按照正常的换相顺序将要由 +C/-B 换相至 +A/-B 相晶闸管组成回路导通,但由于 +C 相晶闸管 A/K 极之间形成搭接短路,换相后发电机转子形成短路,短路电流流经 +A/+C 相晶闸管,短路电流明显增加。

t2 时刻之后,短路电流急剧增大,烧灼,喷弧喷射到晶闸管组件上面的支撑金属横梁后形成弧光短路,并最终发展成为三相弧光短路。

在计算机上采用 Matlab 仿真软件搭建模型,针对实际的工况进行仿真分析。图8就是模拟 +C 相晶闸管 A/K 之间搭接短路后的仿真波形,从而有力的佐证了上文的分析。

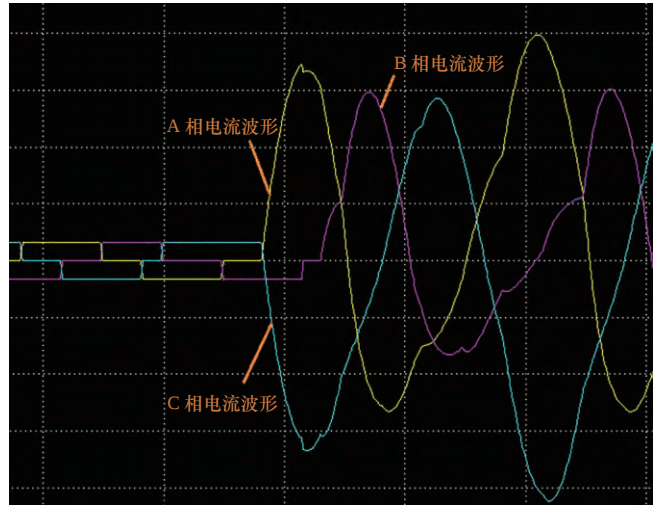


图8 Matlab 仿真波形

Fig.8 Matlab simulation waveform

对现场功率柜整流桥回路检查,由图9可以发现 +C 相晶闸管 A/K 散热器损坏最为严重,可以确定为异物搭接导致 +C 相晶闸管 A/K 短路,最终扩大为三相弧光短路。



图9 +C 相晶闸管 A/K 短路

Fig.9 +C phase thyristor A/K short circuit

2 结论

根据上述励磁系统功率柜几个典型故障的分析,功率柜故障主要分为以下几种:

(1) 晶闸管失效:分为过压、过流、 dv/dt 过大和 di/dt 过大,最终导致晶闸管失效无法工作。

(2) 晶闸管过热击穿:冷却系统(如风机)故障、进出风口灰尘堆积堵塞导致晶闸管热量无法正常排出进而热击穿。

(3) 内部短路:功率柜内积灰多导致闪络或柜内存在异物导致相间短路损坏功率柜器件。

3 改进措施及运行维护建议

针对励磁系统功率柜典型故障，提出以下几点改进措施及运行维护建议：

(1) 功率柜结构设计优化，防止整流桥相间短路及晶闸管 A/K 短路。

(2) 功率柜整流桥阻容吸收回路选型优化。

(3) 功率柜冷却系统冗余设计。

(4) 机组运行期间，加强设备巡回，对功率柜输出电流及温度进行记录，及时消除隐患。

(5) 机组检修期间：

a) 对功率柜主回路螺栓进行紧固并做标示；

b) 对功率柜内进行检查，确保无异物；

c) 检查、清洗功率柜进出风口滤网确保功率柜风道进风通畅，检查冷却风机；

d) 对功率柜主回路绝缘进行测试；

e) 对阻容吸收回路进行测试并记录数据；

f) 进行小电流测试，记录不同角度下整流桥直流电压输出与交流电压输入数据，测量整流桥输出波形。

参考文献

- [1] 许其品, 许其质. 可控硅整流桥故障对励磁系统的影响 [J]. 水电厂自动化, 2005, 7 (3): 16-20.
XU Qipin, XU Qizhi. Effect of thyristor rectifier bridge failure on excitation system [J]. Automation of Hydropower Plants, 2005, 7 (3): 16-20.
- [2] 赵万明. 一起励磁系统小电流试验故障分析 [J]. 水电厂自动化, 2008, 29 (1): 41-44.

ZHAO Wanming. Fault analysis of a small current test in a excitation system [J]. Automation of Hydropower Plants, 2008, 29 (1): 41-44.

- [3] 李基成. 现代同步发电机励磁系统的设计及应用 [M]. 第二版. 北京: 中国电力出版社, 2009.
LI Jicheng. Design and application of modern synchronous generator excitation system [M]. Second Edition. Beijing: China Electric Power Press, 2009.
- [4] 王兆安, 刘进军. 电力电子技术 [M]. 第五版. 北京: 机械工业出版社, 2009.
WANG Zhaoan, LIU Jinjun. Power electronics [M]. Fifth Edition. Beijing: China Machine Press, 2009.
- [5] 竺士章. 发电机励磁系统试验 [M]. 第一版. 北京: 中国电力出版社, 2005.
ZHU Shizhang. Generator excitation system test [M]. First edition. Beijing: China Electric Power Press, 2005.

收稿日期: 2018-08-15

修回日期: 2018-09-15

王 静, 男, 工程师, 长期从事发电机励磁控制方面的研究工作。

王志周, 男, 工程师, 长期从事发电机励磁系统结构设计方面的研究工作。

王 啸, 男, 工程师, 长期从事电力电子和发电机励磁系统的研究工作。

王宝星, 男, 助理工程师, 长期从事发电机励磁控制方面的研究工作。

陶 坡, 男, 助理工程师, 长期从事发电机励磁控制方面的研究工作。

Typical Failure Analysis and Improvement of Power Cabinet for Excitation System of Large Hydropower Station

WANG Jing, WANG Zhizhou, WANG Xiao, WANG Baoxing, TAO Po

[NARI Group] State Grid Electric Power Research Institute Co., LTD, Nanjing 211106, China

Abstract: In this paper, several typical faults of the power cabinet of excitation system are analyzed combined with the actual situation, and suggestions for the operation and maintenance of power cabinet are put forward.

Keywords: generator; fault analysis; excitation system power cabinet; thyristor; operation and maintenance

(上接 97 页)

张印玲 (1991—), 男, 本科, 助理工程师, 从事水电厂机组检修相关工作。

康文革 (1966—), 男, 大专, 助理工程师, 从事检修技术管理工作。

王大蔚 (1989—), 男, 本科, 助理工程师, 从事水电厂机组检修相关工作。

Innovation of the Adjusting Method of Runner Center in Mixed Flow Unit

ZHANG Yinling, KANG Wenge, WANG Dawei

(Maintenance branch company state grid xinyuan company, Beijing 100068)

Abstract: The adjustment of the runner center is a very important work in the process of the large repair of the hydropower station. It is very demanding for the installation precision. It must be carefully checked and checked repeatedly to ensure the installation of each process is unmistakable. In this paper, the traditional method to adjust the runner center, the technical problems encountered in the process of adjustment and the method of solving the problem are introduced, and a method to facilitate the transfer of the runner to the center position is proposed, which provides a valuable reference for the similar work in the future.

Keywords: mixed flow; runner center; unit center; labyrinth ring; runner band; facing plates



知网查重限时 7折 最高可优惠 120元

本科定稿，硕博定稿，查重结果与学校一致

立即检测

免费论文查重: <http://www.paperyy.com>

3亿免费文献下载: <http://www.ixueshu.com>

超值论文自动降重: http://www.paperyy.com/reduce_repetition

PPT免费模版下载: <http://ppt.ixueshu.com>
