

# 水电站发电机定子线圈烧断事故分析与处理

朱云新<sup>1</sup>, 荀国<sup>2</sup>

(1. 长委陆水枢纽工程局机电安装工程处,湖北 赤壁 437302;

2. 武汉市陆水自动控制技术有限公司,湖北 赤壁 437302)

**摘要:**任何工程施工质量管理不仅仅与施工安装单位有关,更与设备制造厂家的生产质量管理相关,各参建单位在狠抓工程进度度的同时质量监督必须到位,任何一方忽视工程施工质量管理都是得不偿失的,只会造成更大的损失。

**关键词:**事故现象;原因分析;事故处理;经济评价;经验教训

**中图分类号:**TM312;U464.331+.2;TM303.1;[TL38+3] **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2018)06-0176-03

## 1 概况

某水电站新安装一台轴流转浆式机组,发电机型号为SF14.5-32/5100,装机容量14.5 MW,转轮直径 $\varphi 3.4\text{m}$ ,额定转速187.5 r/min,设计总引水流量 $146.5\text{m}^3/\text{s}$ ,多年平均发电量10 141万 kWh,年利用小时数4 316 h。该机组于2013年6月19日整体安装完成,24日凌晨4:30完成启动试运行相关试验后,机组正式进入72 h试运行。

## 2 事故现象及检查

### 2.1 事故现象

2013年6月24日下午4:00左右,新装机组有功负荷由5.1 MW调整至10.3 MW,运行约7分钟左右,施工项目部试运行人员发现受油器顶罩、发电机上盖板进人孔处有烟雾及异味飘出,遂紧急停机检查,发现定子-x与+y方向,线圈上端部有一处线圈被烧毁,大量黑灰喷溅到转子及上挡风板上,周边火灾报警的感温及感烟探头、测温导线也被烧毁(图1)。

### 2.2 事故检查

事故发生后,业主召集施工项目部、自动化监控、保护厂家及设备厂家共同勘察了事故现场,查阅了发电机制造厂交接试验报告及启动试运行报告,讨论和分析了事故发生原因。

## 3 事故原因分析

### 3.1 制造厂线棒接头焊接质量问题

在对定子线圈烧毁部位检查时,剥离出一段一端烧断而另一端断口光滑、无焊接痕迹的铜线棒,据此判断造成事故的主要原因为机组制造厂



图1 发电机定子线圈烧毁情况

家在定子线棒接头焊接时未按照工艺要求进行施工,定子线棒上端头部分线棒接头漏焊、搭接长度不够或焊接不良造成接触面积不够,导致接触电阻过大,运行时电流密度过大,机组带小负荷时虽有发热但不至于损坏线棒间绝缘,但一旦增大负荷发热严重后引起接头部位温度过高造成线圈棒绝缘损坏并击穿,形成A相线圈匝间短路,直接导致定子A相线圈局部烧断事故。

### 3.2 交接试验时对异常数据的疏忽

(1)定子线圈是机组设备厂家在现场组装完成试验合格并移交业主后由施工项目部负责安装的,经查阅厂家现场交接试验报告,发现定子绕组直流耐压试验中试验电压达到发电机额定电压的3倍时A相直流泄漏电流略大于B、C相电流,其中A相: $52\mu\text{A}$ 、B相: $34\mu\text{A}$ 、C相: $28\mu\text{A}$ ,根据《GB 50150 电气装置安装工程电气设备交接试验标准》里规定的各相泄漏电流(定子三相绕组泄漏电流反映定子绕组的绝缘状况,泄漏电流越大反映绝缘程度越差)的差值不应大于最小值的100%,试验结果满足标准要求,但合格值已达临

收稿日期:2018-10-26

界,且由于交流耐压试验合格,所以没有引起施工项目部调试人员的注意,机组继续带故障隐患试运行,此为本次事故发生的次要原因。

(2)早在本台机组启动试验进行到机组升压阶段,当机组升压至额定电压时机端电压互感器三相相电压实测数据为A相56.52 V, B相57.28 V, C相57.57 V,零序电压为16.4 V,本机组定子零序过压保护定值为: $U_z = 8$  V。施工项目部调试工作人员怀疑是机端电压互感器发生谐振引起机组电压不平衡而造成的中性点偏移所致,采取了在电压互感器二次侧安装白炽灯来消谐的做法,再次测量零序电压10.2 V有所减小但是故障仍未消除,更换整组备用电压互感器后三相相电压无变化,零序电压降至8.1 V虽然有所改善故障仍未消除。零序电压是由于发电机定子三相电压不平衡引起的,而引起定子三相电压不平衡的原因之一就是发电机定子绕组发生内部相间短路或单相线圈匝间短路,此种原因引起的零序电压过高时会造成定子线圈烧坏,严重时更是会造成铁芯烧坏。

## 4 事故处理

### 4.1 处理方案的确定

由于事故机组为新装机组,业主否决了机组设备厂家更换部分不合格线圈的提议,坚决要求更换全部线圈,又因机组启动试运行期间恰逢河流丰水期,在这种情况下如果吊出上机架、转子进行定子维修处理的话,势必造成维修费用和时间的增加,面临大量弃水增加间接经济损失的可能,后经业主、机组设备厂家及施工项目部反复讨论、研究选取既能提供定子维修工作面又能减少经济损失的维修方案,决定在不吊出转子只吊出定子的情况下对定子线圈进行全部更换处理。

### 4.2 处理方案的实施

#### 4.2.1 定子线圈更换

为了在不吊出转子的情况下将定子吊出机坑,施工项目部将机组受油器、上机架、上挡风板、空冷器及联接管路拆除,然后松开定子基座固定螺栓,调整定子吊装钢丝绳的受力,确保定子吊起过程中定子和转子之间的空气间隙基本均匀,避免转子磁极与定子线圈摩擦,损坏转子和定子线圈造成不必要的经济损失。定子吊出至安装场检修平台移交机组设备厂家后,厂家人员进行原线

圈的拆除并新更换线圈的组装工作。

#### 4.2.2 定子线圈接头处理

针对此次事故暴露出来的安装质量问题,机组设备厂家定子现场组装人员在对线圈接头焊接时加强质量控制,着重检查、清理极间连接线圈端部需焊接的部位;根据连接位置剪去多余的股线长度;严格按氧-乙炔焰焊接操作规程进行焊接,焊接前用浸透水的脱脂棉花将线圈端头包裹住防止绝缘损伤;接头焊接后,除去石棉保护垫,用锉刀锉平高点、修光毛刺,用吸尘器清扫干净;接头焊接完成后先进行外观检查,确保接头整齐、光滑,焊料填充饱满;然后再进行极间连接线的绝缘包扎,检查确认极间连接线原有绝缘在搭接处的状况无异后,清理干净绝缘搭接面,按设计要求进行绝缘包扎,绝缘搭接30 mm。

### 4.3 处理后试验结果

定子全部线圈更换处理完成后,厂家试验人员进行了定子现场交接试验,经业主、监理及施工项目部见证,按交接试验标准复核所有试验数据均合格,其中定子绕组直流耐压试验中试验电压达到发电机额定电压的3倍时三相直流泄漏电流均衡,A相:2  $\mu$ A、B相:3  $\mu$ A、C相:2  $\mu$ A,与之前数据相比已有较大改善。

试验完成后重新进行机组启动试运行,机组运行情况正常。当机组升压至额定电压时机端电压互感器三相相电压实测数据为A相57.52 V, B相57.58 V, C相57.57 V,零序电压为0.4 V。与之前数据相比也有较大改善。

## 5 处理后的经济评价

在不吊出转子只吊出定子的情况下维修更换定子全部线圈的方案较吊出转子不吊出定子的常规检修方案,节约检修工期约一半左右,前者检修工期只用了15天,后者按B级检修一般在30天左右,光发电收益就减少了208万元的经济损失(上网电价按0.45元/kW·h计算)。

## 6 经验与教训

(1)通过此次事故,机组设备厂家应总结经验教训,在后续的设备制造安装过程中严格按照机组安装规范以及工艺流程施工,确保每一道工序质量合格;电气交接试验班组也应针对此次设备事故吸取教训,严格按照交接试验规程进行电气设备高压试验,发现缺陷及时处理。

(2) 机组安装单位也应组织分析事故原因, 电气调试特别是继电保护装置及二次回路调试严格按照有关试验规程进行, 确保设备在事故时能正确动作及时切除故障, 确保运行安全。

(3) 项目建设管理单位及监理单位应严格遵守建设管理和监理职责, 把好现场设备安装、试验的每一道关, 确保施工质量安全。

### 7 结 语

如果一丝不苟地把好质量关, 这样的事故应该是可以避免的。通过这次事故处理, 应认真吸取经验教训, 积累工作经验, 任何工程施工质量管理不仅仅与施工安装单位有关, 更与设备制造厂家的生产质量管理相关, 各参建单位在

(上接第 170 页)

2 名、团体一等奖与二等奖等佳绩。

#### 参考文献:

[1] 李涛. 强化施工项目精益精度管理提高工期控制能力[J]. 经营管理. 2009;77-78.

[2] 候远航. 水电站设备精益化体系研究[J]. 工业工程与管理, 2013, (3):117-119.

[3] 孙杰. 全面精益化管理概念的界定[J]. 工业工程与管理, 2009, (14):129-134.

(上接第 172 页)

附”现象, 又不影响设备运行工况的正常连续运行, 提高了清灰的效果, 延长了滤袋使用寿命。

采用“滤袋自锁密封装置”专利技术, 提高了花板与滤袋间的密封性, 提高了除尘效率。

设备采用气箱式结构, 从而降低了设备的局部阻损, 并免除了安装滤袋不方便等问题。

电磁脉冲阀采用双模片结构, 具有控制灵活, 效率高, 寿命长等特点。

PDC 系列气箱脉冲袋式除尘器采用单片机进行集中控制, 可分为自动和手动两种方式。调试和设备检修时采用手动方式进行控制, 设备正常运行工况下采用自动方式进行控制。

脉冲清灰采用自动控制方式进行, 卸灰可用手动或自动两种方式。

### 4 结 语

绿色发展, 尊重自然、保护自然, 坚定奉行绿

狠抓工程进度的同时质量监督必须到位, 任何一方忽视工程质量管理都是得不偿失的, 只会造成更大的损失。

#### 参考文献:

[1] 《GB 50150-2016 电气装置安装工程电气设备交接试验标准》.

[2] 《GB/T 1029-2005 三相同步电机试验方法》.

#### 作者简介:

朱云新(1970-), 男, 大专学历, 工程师, 从事水电站机电安装工作, 近期研究方向是施工项目质量管理;

苟 国(1967-), 男, 汉族, 本科学历, 高级工程师, 从事水电站机电设备制造工作, 近期研究方向是施工项目质量管理.

(责任编辑:卓政昌)

#### 作者简介:

方仲超(1985-), 男, 陕西榆林人, 西北农林科技大学热能与动力工程专业, 工程师, 从事技术管理及项目管理工作;

安 彬(1989-), 男, 陕西咸阳人, 西安理工大学热能与动力工程专业, 工程师, 现从事安全监督管理工作;

李建勋(1975-), 男, 四川冕宁人, 成都水电校水电站动力设备专业, 技师, 从事技术管理及项目管理工作.

(责任编辑:卓政昌)

色发展理念要求我们高度重视骨料生产中产生大量的粉尘, 粉尘回收在工程骨料生产施工中应用十分广泛。老挝南欧江一级电站辉绿岩人工骨料生产采用全干法生产, 其除尘设计主要采用 PP-DC 系列气箱脉冲袋式除尘器, 并对砂石加工系统的破碎、筛分设备、成品砂仓采用全密封环保设计, 基本达到扬尘零排放要求。

#### 参考文献

[1] 球形铝粉生产真空上料除尘系统改造[J]. 段慧杰.

[2] 湿式除尘风机在布尔台煤矿的应用[J]. 王宏建

#### 作者简介:

张华南(1975-), 男, 贵州铜川人, 高级工程师, 现于中国电建集团海外投资有限公司南欧江发电公司从事水利水电工程建设技术与管理工作.

(责任编辑:卓政昌)