

关于一例 600 MW 发电机转子一点 接地故障的查找及处理

逯静¹ 蒲鹏飞²

(1. 西南电力设计院 四川 成都 610021; 2. 神华集团公司 北京 100011)

摘要:介绍了 UNS3020a 型发电机转子接地保护装置的原理以及存在问题。通过一例 600 MW 发电机转子一点接地保护装置故障的分析查找,最终发现误动原因并采取措施消除故障,总结了此类故障暴露的问题和防范措施,供同类发电机保护装置运行和设计参考。

关键词:转子一点接地;原理;存在问题;防范措施

Abstract: The principle and existing problems for rotor grounding protection device of UNS3020a type generator are introduced. The one-point grounding protection fault of 600 MW generator rotor is checked and analyzed, and the causes of the fault are found and the measures are taken to remove the fault. The problems of such kind of faults and the precautionary measures are summarized, which can provide a reference for the operation of its protection device of similar generator and its design.

Key words: one point grounding of rotor; principle; existing problem; precautionary measures

中图分类号: TM864 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2015)02-0078-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2015.02.018

0 引言

转子接地保护是励磁绕组的主要保护。励磁回路最常见的故障是发电机转子发生一点接地,由于还未形成电流回路,对发电机运行不会产生直接的危害^[1]。但此时接地极对地电压降低,未接地极对地电压升高,极易在转子绝缘薄弱部位诱发第二个接地故障点。若发生两点接地故障时,严重时将造成转子铁心或护环严重烧坏,同时一部分转子绕组被短接而破坏了转子磁场的对称性,使得转子铁心被磁化和机组发生剧烈的振动^[2,3]。因此,当发电机转子绕组一点接地故障时,应迅速采取有效措施消除故障,避免两点接地故障的发生。

某电厂 1 号发电机组为上海电机厂生产的 QF-SN-600-2 型空冷发电机组配置 UNITROL5000 励磁调节器,自带 UNS3020a 型发电机转子接地保护装置。

1 转子接地保护装置

1.1 转子接地故障继电器原理

UNITROL5000 励磁系统自带 UNS3020a 型转子接地保护装置,采用惠斯通(Wheatstone)电桥原理来测量转子绕组与大轴之间的接地电容,以监视转子绕组对地绝缘水平,转子接地保护原理见图 1。

装置测量电桥的平衡条件为

$$C_x = \frac{1}{\frac{1}{C_{k1} + C_{k2}} + \frac{1}{C_R}}$$

式中, C_{k1} 、 C_{k2} 为隔离电容; C_R 为转子绕组与大轴接地之间的分布电容; C_x 为测量电桥的补偿电容。正常情况下 C_{k1} 和 C_{k2} 远大于 C_R , 测量桥的辅助电源既可由独立的交流电源供电,也可由发电机出口电压互感器供电。当发电机转子绕组发生接地故障时,电容 C_R 则被部分或完全旁路掉了,电桥平衡被打破,跨越电桥的电压值 U 上升, C_R 越小,则 U 越大,根据 U 值的大小决定发出报警(Stage 1 alarm)或跳闸(Stage 2 trip)信号。

1.2 UNS3020a 保护装置存在的问题

从保护装置的回路进行分析, UNS3020a 存在的主要问题如下。

(1) 由于转子接地保护采用惠斯通电桥原理,容易受到汽机侧大轴接地状况变化,引起对地电容

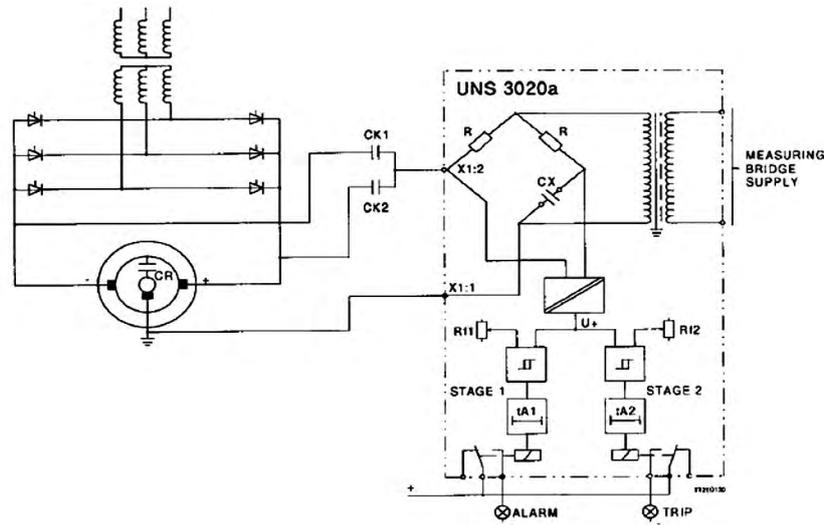


图1 转子接地故障继电器原理图

值摆动影响而出现误动。

(2) 基建调试期间,保护装置的补偿电容 C_x 及电桥平衡未能调到最优状态,机组投产以后,正常运行时, U_+ 始终有电压存在,极易引起误动^[4]。

(3) 发电机励磁绕组高速运转时,由于发电机内部积累大量杂质飞扬,当密度达到一定程度时候,对大轴形成导电层,进而发生转子接地。

(4) 由于碳刷硬度不够或者固定碳刷的弹簧压力不够等从而导致碳刷与大轴接触不良造成电桥输出较大导致机组跳闸^[5]。

(5) 设计回路不完善、缺少“励磁系统直流母线正对地、负对地”录波数据,不利于转子一点接地保护动作分析。

2 事故情况

2.1 事故前工况

某年9月5日,1号机组带负荷520 MW正在升负荷,辅机A、B引风机、A、B送风机、A、B一次风机运行,A、B、C、D、F制粉系统运行,A、B电动给水泵运行、A凝结水泵运行;其他各机组运行正常。500 kV升压站运行方式为双母线运行,其中一、二、三、四串合环运行,两回出线正常运行。1号高压厂用变压器带10 kV工作1A、1B段厂用电运行,1号高压公用变压器带10 kV公用01A段厂用电运行。

2.2 事故经过

9月5日6时23分52秒,DCS发出1号发电机转子接地故障报警、AVR励磁装置总告警;33分50

秒,5011、5012开关跳闸、灭磁开关跳闸;33分51秒,汽轮机跳闸,主汽门关闭,检查汽机各润滑油泵联启正常;锅炉MFT。1号机组故障录波器启动,机组电压、电流、励磁电压及电流无突变;励磁系统就地检查,转子接地装置I段、II段动作信号灯均亮。

3 事故的检查过程

3.1 发电机转子绝缘检测

机组启动前,测量发电机转子绝缘电阻为2 G Ω ,合格。做发电机不同转速下转子交流阻抗(盘车:5.14 Ω 、600 r/min:4.752 Ω 、2 100 r/min:4.373 Ω 、3 000 r/min:4.413 Ω)与历次试验值相比合格。做不同转速下转子绝缘(盘车:2.1 G Ω 、600 r/min:7.5 G Ω 、2 100 r/min:10.2 G Ω 、3 000 r/min:8.31 G Ω),合格。同时用转子故障诊断仪(RSO)进行盘车、3 000 r/min状态下接地情况检查,无接地现象。

3.2 励磁回路绝缘检测

检查励磁直流母线绝缘(正母21.5 G Ω ,负母26 G Ω ,正负间40 G Ω),合格。检查励磁交流母线绝缘(6.25 G Ω),合格。检查发电机接地碳刷电缆绝缘(大于1 G Ω),合格。打开励磁交直流共箱母线箱盖(内部干净),对母线绝缘子进行检查、清理。打开励磁正负极间排风扇外壳,对内部进行检查(内部干净)、清理。

3.3 碳刷与大轴接触情况检查

发电机大轴接地碳刷在运行中会因为磨损、积灰等原因造成接触不良。当接地碳刷和转子大轴接

触不可靠时,转子对地电容会有个频繁充放电过程,此时的转子绕组对地电容电流是个暂态电流。对地电容的变化能造成转子接地装置误发接地报警信号,甚至在极端条件下可能误发跳闸信号。

就地检查发电机大轴接地碳刷与转子滑环的接触情况,接触良好,并未发现有松动或者污垢沉积的地方;碳刷辫与连接电缆接触完整,连接牢固。可以排除“由于碳刷与大轴接触不良而造成接地保护输出”原因。

3.4 转子接地保护装置检查

检查转子接地保护回路分流器、分压器绝缘,(大于1 GΩ),合格。对转子接地保护装置进行动作值试验,I段动作值3 200 Ω,0.503 V;II段动作值560 Ω,1.9 V;对转子接地保护装置外观等检查未发现其他问题。

若保护装置补偿电容及电桥平衡没有调整到最优状态,则发电机在正常运行期间,装置输出电压始终存在一定的电压,待机组启动后做不同转速下的相关试验,发现在汽轮机3 000 r/min时,测试转子保护装置不平衡输出电压104 mV(绝缘老化、元器件老化等),大于厂家标准值(不大于100 mV)。

4 原因分析

4.1 直接原因

1号发电机转子一点接地保护装置电桥输出不平衡电压高于标准值(不高于100 mV),在机组升负荷期间转子对地电容发生改变,保护装置判断错误,装置误动,机组跳闸。

4.2 间接原因

运行和维护人员对转子一点接地保护装置内部结构、工作原理不熟悉,对转子二次回路检查测试数据分析不够。

检修规程、检修文件包等技术标准不全面,未对转子一点接地保护装置不平衡输出电压值有明确规定及说明,导致转子接地保护装置不平衡电压超差未及时发现。

工程移交资料、厂家交底不全面,维护人员对主要设备参数未能认真收集,关键数据存在盲区,对厂家要求的“转子一点接地保护装置电桥输出不平衡电压不能高于100 mV”掌握不够。

对多个电厂励磁系统故障原因未引起足够重

视,未认真剖析同类设备存在的隐患,未制定有效的防范措施。

电气二次专业对转子接地保护装置受外界其他因素影响风险评估不充分,对装置受转子对地电容变化、对运行年限较长的保护装置存在的风险等风险评估辨识不足。

5 故障的处理

5.1 现场处理

对转子接地装置及转子保护回路中C10、C11电容进行更换,对更换后保护装置进行静态、动态调试(更换转子保护外回路C10、C11电容,原电容标称值2 μF,测试值2.02 μF,满足±10%要求,但是考虑其运行年限较长,将C10、C11进行更换,测试值均为2.02 μF)。

更换装置后汽轮机3 000 r/min:转子保护装置不平衡电压11.9 mV,I段动作值2 150 Ω,0.410 3 V、5 s信号;II段动作值491 Ω,1.1 V、2 s跳闸。

更换装置后启励升压空载测试:转子保护装置不平衡电压30.7 mV,I段动作值2 100 Ω,0.417 V、5 s;II段动作值462 Ω,1.11 V、2 s;转子一点接地保护装置测试合格。

5.2 下一阶段工作

由于UNS3020a保护装置存在的自身缺陷无法从根本上解决,目前许多发电厂改用具有较高安全可靠性的南瑞继保RCS-985RE型保护装置,该装置采用直流双端注入式转子接地保护原理。发电机正常运行时,转子绕组回路对地(大轴)绝缘,发生转子绕组接地故障时,对地绝缘破坏。在发电机转子绕组两端注入方波信号,可区分正常运行和接地故障。通过检测由注入方波电源引起的对地泄露电流变化,可实时计算转子一点接地故障过渡电阻及故障位置,并由接地位置变化量实现转子两点接地保护功能^[6-7]。

下一阶段,应该利用机组大修机会进行技术更新或改造,本着变动最小、安全可靠,尽可能保留原回路的改动原则,拆除励磁系统灭磁柜内UNS3020a转子接地保护装置及电容C10、C11,不留寄生回路。在灭磁柜内加装装置功能压板和保护出口压板,RCS-985RE安装在灭磁柜内,增加报警信号和跳闸回路。

6 防范措施

运维人员应强化对“转子一点接地保护”工作原理、装置内部结构、关键测试数据标准和同类电厂转子一点接地保护动作原因及控制措施的学习。将转子接地保护装置输出特性的标准列入检修规程及检修文件包。将转子一点接地保护装置列入公司隐患进行管理,并落实相应的控制措施。下一阶段,应该利用机组大修机会进行技术更新或改造,将原来配置 UNS3020a 型发电机接地保护装置改用南瑞继电保护 RCS-985RE 型保护装置。

7 结语

转子一点接地保护受转子绕组对地电容的影响大,当转子绕组对地电容较大时,保护灵敏度较低^[8-10],由此引起保护信号误发和机组非停事件不时出现,直接影响到机组和电网安全稳定运行,在出现一点接地故障后,应根据具体情况分析接地类型、接地原因,根据具体情况确定查找方法并制定针对性的防范措施。

参考文献

[1] 李锋, 刘海霞. 转子一点接地故障原因分析及处理措

(上接第53页)

4.3 根据模型预测气室压力值下降趋势

最后一次补气之后,将在线监测装置采集并存储的 SF₆ 历史压力值数据导入模型,得到拟合序列 $\hat{X}^{(0)}$ 。

观察拟合序列发现,补气后的 231 天压力降至额定值 0.5 MPa。因此若在保证该气室始终不低于额定值运行,则应考虑不迟于此时间进行处理。可以进行再次补气,但因漏气点并未消除,所以补气后还应继续跟踪该设备漏气情况;或者考虑纳入停电计划^[6],对该设备进行更换处理。

5 灰色理论模型的推广应用

变电站在正常运行情况下,通过人工或在线监测装置采集到大量非线性、较易受环境影响的数据,对这些数据的分析平常只能靠人工检查,费时费力,且数据量大的情况下,难以发现隐藏的问题且难以准确判断变化趋势。根据所建上述模型在分析 SF₆ 气室压力、断路器液压、避雷器泄露电流、变电设备局部放电在线监测、潮流等变电站重要数据方面,都

施[J]. 华电技术, 2013, 35(8): 41-45.

[2] 陈国栋. 一起发电机转子一点接地故障的查找及处理[J]. 电力安全技术, 2012, 14(6): 52-54.

[3] 罗真, 李书兴. 发电机励磁回路两点接地保护的研究[J]. 继电器, 2007, 5(3): 81-84.

[4] 竺士章. 发电机励磁系统试验[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.

[5] 马铁军, 马骋, 胡贤优, 等. UNS3020 型发电机转子接地保护误动作原因分析[J]. 华电技术, 2008, 30(6): 49-51.

[6] 刘建平. ABB 发电机转子接地保护装置国产化改造的研究与应用[J]. 浙江电力, 2012(1): 49-51.

[7] 陈俊, 王光, 严伟, 等. 关于发电机转子接地保护几个问题的探讨[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(1): 90-92.

[8] 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, 2002: 267-277.

[9] 毕大强, 徐振宇. 发电机励磁回路接地保护新原理的研究[J]. 继电器, 2000, 28(7): 37-40, 54.

[10] 刘小波, 刘万斌, 包明磊, 等. 转子一点接地保护双重化配置研究[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(10): 162-167.

作者简介:

逯静(1983), 工程师, 从事发输电二次设计工作;
蒲鹏飞(1978), 高级工程师, 从事电力技术及管理工作。
(收稿日期: 2014-12-22)

能提供一个较为合理的预测,为制定变电站设备检修计划和运维工作提供更好的支撑作用。

参考文献

[1] 孟勇. GIS 设备 SF₆ 漏气处理技术[J]. 应用技术, 2009, 5(b): 120, 121.

[2] 李褪. SF₆ 全封闭组合电器的漏气分析与处理[J]. 湖北电力, 2003, 27(4): 53-62.

[3] 刘可龙. SF₆ 气体在线监测技术的现状及发展趋势[J]. 通信电源技术, 2013, 30(6): 83-88.

[4] 徐国祥. 统计预测和决策[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2008: 112-113.

[5] 宁宣熙, 刘思峰. 管理预测与决策方法[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 113-145.

[6] 李鸣青. 气体绝缘金属封闭开关设备的漏气处理[J]. 供用电, 2010, 27(6): 72-73.

作者简介:

费韬(1985), 从事超高压及特高压变电站运维工作;
叶金翔(1985), 从事超高压及特高压变电站运维工作;
许格(1990), 从事超高压及特高压变电站运维工作。
(收稿日期: 2014-12-03)