

发电机误上电保护配置及改进措施

金崇光

(三门核电有限公司, 浙江 三门 317112)

摘要: 温州燃机发电厂 220 kV 主变 c 相开关在发变组解列过程中发生爆炸。根据此次爆炸事故分析该厂发变组保护中配置误上电保护的必要性和可行性, 并详细阐述了发电机误上电保护原理和对应的事故危害, 分析了发电机误上电保护的逻辑。为消除未配置误上电保护存在的严重事故隐患, 该厂发电机保护进行了配置误上电保护的改造, 并为提高误上电保护的可靠性采取了有针对性的改造措施。

关键词: 发电机保护; 误上电保护; 断口闪络保护; 可靠性; 改造

Analysis and retrofitting of deploying the inadvertent energizing protection for generator

JIN Chong-guang

(Sanmen Nuclear Power Corporation Ltd., Sanmen 317112, China)

Abstract: The phase C breaker of 220 kV main transformer exploded during the process of disruption in Wenzhou Gas Turbine Power Plant. The feasibility and necessity of deploying the inadvertent energizing protection are analyzed in this paper according to the accident. And it also introduces the experience of retrofitting of deploying the inadvertent energizing protection. Ways of improvement are suggested.

Key words: generator protection; inadvertent energizing protection; breakage flashover protection; reliability; retrofitting

中图分类号: TM31; TM77 文献标识码: B 文章编号: 1673-3415(2008)15-0075-04

0 引言

温州燃机发电厂#2 发电机停机解列时发生主变 220 kV 开关 C 相爆炸事故。经分析, 事故原因为 220 kV 开关 C 相机构故障造成分闸时电弧无法熄灭而引起开关爆炸。开关爆炸后, 动触头导电部分通过支持瓷瓶内部对金属传动部件放电, 单相接地短路后 220 kV 母线的母差保护动作。

该厂#2 主变 220 kV 开关为三相联动开关, 当发生非全相事故时, 开关机构辅助触点已在分闸位置, 发变组保护无法起到保护作用, 如果开关不对地击穿放电, 母差保护不动作, 发电机长期非全相运行将造成设备严重损坏。

为此, 本文针对此次事故分析发变组在发生特殊事故情况下的保护: 误上电保护, 探讨在该厂发变组保护中增加误上电保护配置的必要性和可行性, 并介绍该厂误上电保护配置、改造措施及经验, 以供存在类似情况的电厂改造时参考和借鉴。

1 误上电事故分析及保护逻辑

1.1 误上电保护对应的事故原因

所谓误上电是指发电机在不满并网条件时, 机组单相、两相或三相并入系统。它包括以下几点:

机组未加励磁时误合闸。如在发电机转子静止、盘车、启动前暖机(对汽轮机)或转子冲转加速过程中。

发电机并网前或刚从系统断开后, 高压断路器或机端出口断路器发生单相或两相闪络。

发电机非同期合闸, 包括频率尚未达到允许值时断路器误合及频率已接近额定值时以较大的合闸角并网。

误操作、绝缘不良及控制设备误动作是导致误上电事故的主要原因^[1]。

1.2 误上电的事故危害

1.2.1 未加励磁时的误合闸

在发电机未加励磁时, 励磁开关断开, 发电机定子三相电流为零, 机端电压为零。当高压侧或机

端断路器误合闸定子中将流过很大电流, 尤其当转子静止时误合闸瞬间, 转差为 1, 发电机等效阻抗最小, 定子电流最大。定子电流产生的旋转磁场在转子表面感应出很大的电流, 发电机以异步电动机方式拖动机组, 机端出现低电压。当发电机由厂用电系统误上电时, 由于厂用变压器的阻抗比较大, 发电机定子中的电流不大, 造成的影响也相对较小。

发生误合闸后, 转子表面的热量迅速积聚。机组容量越大, 转子承受过热能力相对越小, 所以大型发电机的转子更容易达到热积累极限而损坏。在发电机异步启动过程中, 转子大轴上的叶片将产生

较大振动, 尤其是汽轮机叶片如在自然频率处停留时间过长, 机械共振极易导致材料疲劳, 严重时叶片或拉金出现断裂。如果发电机轴承的润滑系统退出工作 (如在检修时), 误合闸还将导致发电机的轴承损坏。

1. 2. 2 断路器断口闪络

误上电保护中的断路器断口闪络保护一般考虑单相和两相闪络, 不考虑三相闪络。发电机在启停过程的相当长一段时间里仅靠断路器与系统隔离, 断路器断口可能因承受 2 倍的峰值电压而发生闪络。

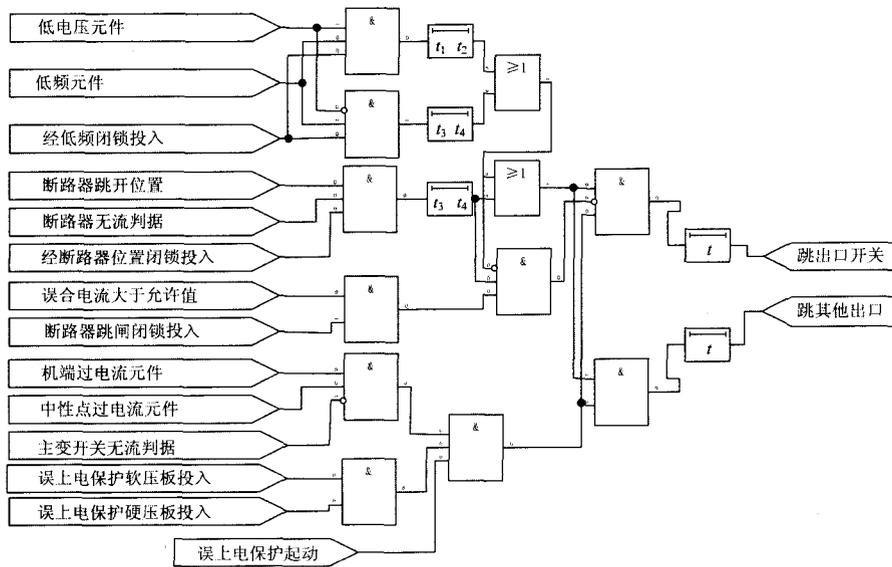


图 1 误上电保护逻辑框图

Fig.1 Logic diagram of inadvertent energizing protection

发生闪络后, 发电机定子中将流过很大的负序电流, 产生相对转子约 2 倍的同步转速旋转磁场, 进而在发电机转子表层产生倍频电流, 直接威胁转子的安全。闪络时还将产生冲击转矩作用于发电机上。另外, 闪络将进一步破坏断路器触头间的绝缘, 损坏断路器。

1. 2. 3 发电机非同期合闸

如果合闸瞬间发电机频率已接近或等于系统频率, 而断路器两端电压相位差较大, 则合闸瞬间将产生很大的合闸电流。在断路器两端电压正好反相 (即两端电压相位角差为 180° 时) 且都为峰值时合闸电流最大; 在两端电压相位角差为 120° 时冲击转矩最大^[2]。

如果发电机在频率较低时合闸, 则发电机与系

统间不仅存在较大的频率差, 机端电压和系统电压间幅值也有很大差异, 角度差合格的可能性也极小。同期合闸的 3 个条件很可能都不满足, 至少也有 2 个条件不满足, 定子中将产生巨大的冲击电流。由于转子转速与同步转速间存在较大差异, 定子电流将在转子表面感应频率差电流, 导致转子表面局部温升。如果热积累时间过长, 同样也会损坏转子。非同期合闸对发电机组产生的巨大冲击还将缩短发电机的使用寿命, 严重时将直接损坏大轴。另外, 非同期合闸对系统的冲击也不容忽视^[3]。

1. 3 误上电保护逻辑

1. 3. 1 误合闸保护逻辑

误上电保护的误合闸逻辑如图 1 所示 (RCS-985 保护):

(1) 发电机盘车时, 未加励磁, 断路器误合, 造成发电机异步起动。采用两组 PT 均低电压延时 t_1 投入, 电压恢复, 延时 t_2 (与低频闭锁判据配合) 退出。

(2) 发电机起停过程中, 已加励磁, 但频率低于定值, 断路器误合。采用低频判据延时 t_3 投入, 频率判据延时 t_4 返回, 其时间应保证跳闸过程的完成。

(3) 发电机起停过程中, 已加励磁, 但频率大于定值, 断路器误合或非同期。采用断路器位置触点, 经控制字可以投退。判据延时 t_3 投入 (考虑断路器分闸时间), 延时 t_4 退出其时间应保证跳闸过程的完成。

当发电机非同期合闸时, 如果发电机断路器两侧电势相差 180° 附近, 非同期合闸电流太大, 跳闸易造成断路器损坏, 此时闭锁跳断路器出口, 先跳灭磁开关等其他开关, 当断路器电流小于定值时再动作于跳出口开关。

误合闸保护同时取发电机机端、中性点电流, 为提高可靠性, RCS-985A/B 发变组保护装置还取主变高压侧电流大于 $0.1I_e$ 作为辅助判据。误上电保护 I 段对应“跳其他开关”, 即误合闸时, 主变高压侧电流大于开关允许电流, 闭锁跳闸出口 1 通道、跳闸出口 2 通道 (跳闸矩阵整定时可与主变高压侧开关或机端开关对应); 此功能只在“经断路器位置闭锁投入”置 1 时才开放, 其跳闸方式与误上电 II 段跳闸出口相比, 不跳跳闸出口 1 通道、跳闸出口 2 通道。

1.3.2 断路器断口闪络保护逻辑

断路器断口闪络保护逻辑如图 2 所示(RCS-985 保护):

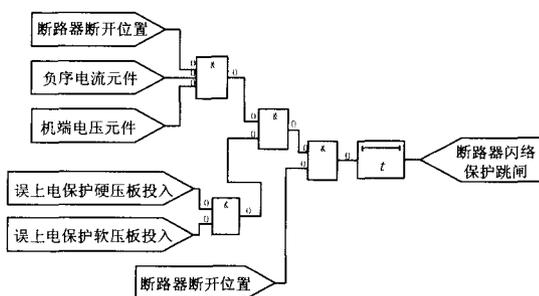


图 2 断路器断口闪络保护逻辑框图

Fig.2 Logic diagram of breakage flashover protection

断路器闪络保护取主变高压侧开关电流。判据:

- (1) 断路器位置接点为断开状态;
- (2) 负序电流大于整定值;
- (3) 发电机已加励磁, 机端电压大于固定值。

保护动作灭磁及启动断路器失灵。

2 误上电保护改造方案

根据上述分析, 误上电保护的断口闪络保护对 220 kV 开关存在的机构隐患具有较好的保护作用, 增加完善该配置, 可以确保在特殊事故状态下的有效保护发变组设备的安全。为进一步提高闪络保护和误合闸保护的可靠性, 经与保护装置生产厂家讨论, 在保护配置过程中对原保护逻辑下进行了如下改进:

2.1 断路器闪络保护改造方案

断路器闪络保护改造方案 (原理图见图 3) 为提高断路器闪络保护可靠性, 同时引入 220 kV 断路器动断触点和动合触点。发电机已加励磁, 当出现负序电流后, 如果断路器处于断开位置, 应动作发电机跳灭磁开关, 并启动系统失灵保护。电流取自变压器高压侧电流互感器。断路器辅触点为断路器本体辅触点。

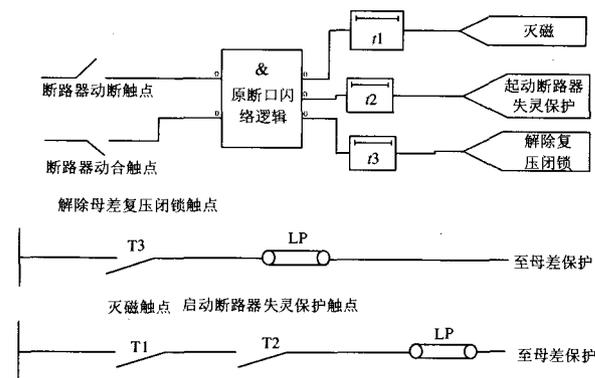


图 3 断路器闪络保护改进方案原理图

Fig.3 Retrofit logic diagram for breakage flashover protection

为防止单一继电器接点粘连误启动失灵, 在启动失灵回路中串灭磁继电器的触点。同时灭磁继电器需预留跳高厂变低压侧开关的触点。

考虑到母差双重化的要求, 启动断路器失灵和解除母差复压继电器各预留一付触点。

负序电流按躲过正常不平衡电流整定。 T_1 按躲过断路器操作整定, 取 150 ms, T_2 和 T_3 取与 T_1 相同的时间值。

2.2 误合闸保护改造方案

误合闸保护改造方案 (原理图见图 4) 通过低频低压元件和断路器辅助触点判断发电机处于盘车或转子静止状态, 如机端出现电流则认为误上电, 跳断路器同时启动失灵。电压取自机端电压互感器, 电流取自机端电流互感器。发电机停机时投入, 并

网后退出。断路器辅助触点为断路器本体的辅助动断触点。

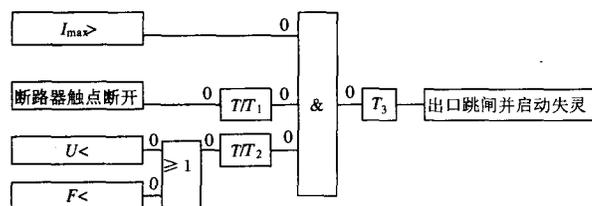


图4 误上电保护方案逻辑图

Fig.4 Retrofit logic diagram for inadvertent energizing protection

方案中低压元件判断发电机盘车,未合励磁开关的情况,低频元件判断发电机转速未到额定转速已合励磁开关的情况。方案不考虑转速达到额定转速且已合励磁开关时发生非同期合闸的情况,根据运行需要可在保护或同期装置中设置非同期合闸保护功能。误上电出口适当延时, T_3 取 100 ms, 过流定值取 0.5 倍额定电流。 T 为防抖动时间, 取 50 ms, T_1 和 T_2 整定为 1 s。低压元件取 50~60 V(线电压), 低频元件取 48 Hz。

3 结束语

大型发电机组在并网时断路器断口闪络和盘车或转子静止时误合闸产生的电流会导致机组设备损

坏和事故范围扩大。近年来国内发电厂发生过多起类似事故, 损失十分惨重。通过配置误上电保护可以消除设备损坏和事故范围扩大的隐患, 确保机组设备的安全。

参考文献

- [1] 陆于平, 史世文, 李莉. 大型发电机微机型误上电保护[J]. 电力系统自动化, 1995, 19(7): 25-29.
LU Yu-ping, SHI Shi-wen, LI Li. Inadvertent Energizing Protection for Large Generator Based on Micro-computer[J]. Automation of Electric Power Systems, 1995, 19(7): 25-29.
- [2] 王步华. 非同期并列对汽轮发电机组的危害[J]. 华中电力, 1999, 12(1): 29-30.
WANG Bu-hua. Harm Done to Turbogenerators by Asynchronous Parallelizing[J]. Central China Electric Power, 1999, 12(1): 29-30.
- [3] 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.
WANG Wei-jian. The Principle and Application of Relay Protection of Main Equipment[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1996.

收稿日期: 2008-03-25; 修回日期: 2008-06-03

作者简介:

金崇光(1976-), 男, 工程师, 从事电厂电气设备技术管理工作。E-mail: jincg@smnpc.com.cn

(上接第 74 页 continued from page 74)

GPS 实时相角测量装置, 可以实时得到电网的状态量, 该装置采用模块式结构, 提高了相角测量装置的可靠性。充分利用了数字信号处理芯片的特点, 结构简单具有较高的性价比, 且上传的信息只是过零点的时标, 因此具有传输的信息量相对很小的特点。广域测量为电力系统提供了新的安全监控手段, 对整个系统的合理调度、科学管理提供了有力保障。

参考文献

- [1] 周捷, 陈尧, 崔建中. 母线电压同步相角测量算法研究及实现[J]. 继电器, 2002, 30(3): 13-16.
ZHOU Jie, CHEN Yao, CUI Jian-zhong. Study and Implementation of the Algorithm for Bus Synchronized Voltage Phase Angle Measurement[J]. Relay, 2002, 30(3): 13-16.
- [2] 郭茂, 彭白杨, 冯旭. 电力系统实时相角测量新方法[J]. 电测与仪表, 2000, 37(19): 21-22.
GUO Mao, PENG Bai-yang, FENG Xu. The New Method of Phase Angle Measurement in Electric Power System[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2000, 37(19): 21-22.

- [3] 卢志刚, 穆永民. GPS 技术在实时相角测量中的应用[J]. 电力自动化设备, 2000, 20(6): 22-22.
LU Zhi-gang, MU Yong-min. Application of GPS in Real-Time Phasor Measurement[J]. Electric Power Automatic Equipment, 2000, 20(6): 22-22.
- [4] 任先文, 谷延辉, 解东光, 等. 电网广域测量系统中 PMU 的研究和设计[J]. 继电器, 2005, 33(14): 52-56.
REN Xian-wen, GU Yan-hui, XIE Dong-guang, et al. Study and Design of PMU in Dynamic Security Monitoring System[J]. Relay, 2005, 33(14): 52-56.
- [5] 胡绍谦, 王晓茹. 基于 GPS 技术的电力系统同步相量测量装置[J]. 电子工程师, 2003, 29(11): 21-23.
HU Shao-qian, WANG Xiao-ru. Synchronized Phasor Measurement Device in Power System Based on GPS[J]. Electronic Engineer, 2003, 29(11): 21-23.

收稿日期: 2007-11-05; 修回日期: 2008-01-10

作者简介:

段俊东(1969-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为电力系统分析与控制;

尹秀刚(1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统分析与控制; E-mail: xiugang516@126.com

孙彦楷(1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为复杂系统的控制理论及应用。