

对一起母线保护动作造成的发电机停机事故的分析

孙建鹏, 韩文花, 张永健, 胥杰

(上海电力学院, 上海 200090)

摘要: 记述了某电厂一台 300 MW 发电机组运行中母线保护动作造成的发电机停机事故。分析了事故起因, 确定是误操作和误整定两个因素共同作用导致。进一步阐明了事故中继电器保护的动作情况及原理, 并对发变组保护功能是否受到影响, 为什么母线保护先于发变组保护动作以及厂用电切换方式三个问题进行了说明。提出了纠正继电保护定值设置的具体方案, 明确了制定针对运行中更换发电机出口 PT 一次保险的安全、技术措施的必要性, 以避免类似事故的发生。

关键词: 母线保护; 发变组保护; 跳闸; 误操作; 误整定

Analysis of an accident of generator tripping caused by bus protection action

SUN Jian-peng, HAN Wen-hua, ZHANG Yong-jian, XU Jie
(Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China)

Abstract: The paper describes an accident of bus protection acting which made a running 300 MW generator shut down. It analyzes the accident and points out it is the coacting of incorrect manipulation and incorrect setting that causes the accident. Furthermore, it clarifies the mechanism of related relay action and explains the following three issues, including whether the function of generator-transformer unit protection is influenced, why does the bus protection act before the generator-transformer unit protection, and auxiliary power switching mode. At last, a solution to reset the setting value is proposed and the necessity of replacing the primary fuse of generator outlet side PT is emphasized to avoid similar accident.

Key words: bus protection; generator-transformer unit protection; trip; incorrect manipulation; incorrect setting

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2011)02-0145-04

0 引言

在电力系统中, 母线保护至关重要^[1], 由母线保护动作引起的停电范围一般较大, 造成的影响也较大^[2]。引起母线保护动作的原因有母线或其所连接设备故障^[3], 也有母线保护误动作^[4-5]等。本文记述了一次由于误操作和误整定引起的母线保护动作造成的停机事故, 分析了事故原因, 提出了处理方法。

1 该电厂情况介绍及事故经过

1.1 厂情介绍及事故简要说明

某电厂1、2号发电机(2×300 MW)为发电机-变压器组单元接线, 主变压器出线各自通过一台断路器接入220 kV升压站, 220 kV升压站为双母线接

线方式, 设一台母联断路器。主接线见图1。

发电机-变压器组保护采用RCS-985A型发变组成套保护装置与RCS-974AG非电量及辅助保护装置配套, 共同构成发变组的所有保护。220 kV母线保护由BP-2B 微机母线保护装置和RCS-915AB型微机母线保护装置配合构成。2009年6月8日, 在该厂于1号发电机运行中更换发电机出口电压互感

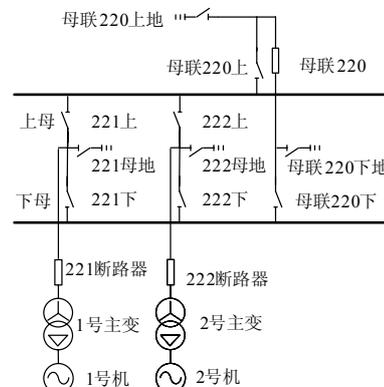


图1 该电厂一次主接线示意图

Fig.1 Main wiring schematic drawing of the power plant

基金项目: 上海市教育委员会重点学科建设项目 (J51301); 上海市科委重点定向项目 (08240512000); 上海市教委科研创新一般项目 (09YZ340)

器 (Potential Transformer, PT) 一次保险时, 由于运行人员操作不当及发变组失灵启动保护中控制字整定错误, 1号发电机组运行中非计划停运, 造成较大经济损失。

1.2 事故前的运行工况

1号发电机组转速3 000 r/min, 系统频率50 Hz, 双母线并联运行, 母联断路器220于合位。220 kV上母所连接运行设备为1号发电机以及三条220 kV线路。1号发变组保护装置、3条220 kV线路各自保护装置及220 kV母线保护装置运行正常。

1.3 事故背景

2009年6月8日7时10分, 1号发电机出PT断线信号, 检修人员到1号发变组保护屏检查A、B柜(A、B柜装设RCS-985A型发变组电量保护)均有PT断线报警信号, 到发电机出口PT端子箱处测量1YH的A、B、C三相对地电压分别为53.4V、58.4V、58.4V, 自产 $3U_0$ 电压5.2V, 开口三角电压为3.17V, 其他2YH、3YH三相电压正常、平衡。根据测量检查情况, 判定1号发电机出口PT 1YH的A相一次保险爆。随即制定相关技术及安全措施, 决定对1号发电机出口1YH的A相一次保险进行运行中更换。

1.4 事故经过

更换A相一次保险前, 技术措施中要求退出1YH的二次负荷, 9时40分运行人员拔下了1YH的二次保险。9时42分, 1号发电机解列灭磁, 母联断路器220跳闸, 220 kV上母所连接的三条线路跳闸, 锅炉主燃料跳闸 (Master Fuel Trip, MFT), 汽机跳闸, 1号机组厂用电切换至备用电源。网控室“母线保护动作”光字牌亮, 事故喇叭报警。母线保护装置有“发变组失灵启动”、“失灵保护动作”报文。

2 事故调查及原因分析

2.1 事故调查

事故发生后, 该厂组织相关人员进行调查, 发现相关事件如下:

1) 根据事件顺序 (Sequence Of Event, SOE) 历史记录数据显示: 9时42分, 有操作员站对1号机发出的手动增磁指令。

2) 继电保护人员核查1号发变组保护定值时发现, RCS-974AG 非电量及辅助保护装置中的“发变组失灵启动保护”中“主变保护动作控制字”置0, 而调度部门下发的继电保护定值通知单上要求“主变保护动作控制字”置1, 该控制字与继电保护定值通知单不符, 属误整定。

2.2 事故原因分析

1) RCS-974AG 型发变组保护失灵启动保护原理

由图2可知, 失灵电流起动为一个过流判别元件, 可以是相电流、零序电流或负序电流, 还可整定选择是否经变压器保护动作触点、断路器不一致触点和断路器合闸位置触点闭锁。1号发变组继电保护定值通知单要求, “失灵经断路器三相不一致触点闭锁软压板”置0; “失灵经断路器合闸位置触点闭锁软压板”、“失灵经变压器保护动作闭锁软压板”、“失灵启动投入软压板”、“失灵零序电流投入软压板”、“失灵负序电流投入软压板”均置1; “失灵动作一时限”(功能: 解除母差失灵复压闭锁) 0.1s; “失灵动作二时限”(功能: 起动机差失灵) 0.13s。

因为“失灵经断路器三相不一致触点闭锁软压

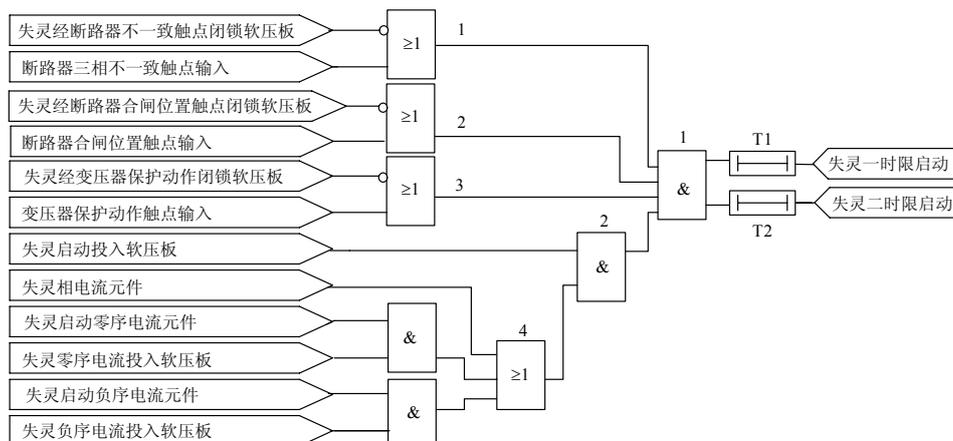


图2 失灵启动保护逻辑图

Fig.2 Logic diagram of starting failure protection

板”置0, 故“或门1”是开放的; “断路器合闸位置触点输入”为1时, “或门2”开放; “变压器保护动作触点输入”为1时, “或门3”开放; 相电流、零序电流和负序电流三个量中至少有一个量达到整定值且相应保护元件动作后, “或门4”开放, 此时由于“失灵启动投入软压板”置1, “与门2”随即开放。当“或门1”、“或门2”、“或门3”和“与门2”同时开放时, “与门1”开放, 发变组失灵启动保护动作, 经延时由“失灵一时限”解除母差保护复压闭锁, “失灵二时限”启动母线保护切除故障。

2) BP-2B型微机母线保护装置断路器失灵保护原理及其与失灵起动装置配合方式(以BP-2B型微机母线保护装置为例进行分析)

当母线所连的某断路器失灵时, 由该线路或元件的失灵起动装置提供一个失灵起动开入给BP-2B装置(对于RCS-974AG, 是否经保护动作闭锁和过流动作闭锁可通过控制字整定实现, 详见图2), 如图3所示。BP-2B装置检测到某一元件失灵起动开入后, 起动该断路器所连的母线段失灵出口逻辑, 经失灵复合电压闭锁, 按可整定的“失灵出口延时1”跳开母线联络开关, “失灵出口延时2”跳开该母线连接的所有断路器。

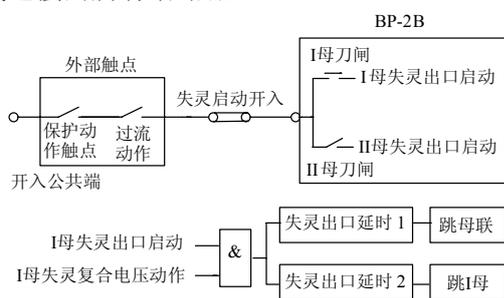


图3 失灵起动逻辑框图(以I母元件失灵为例)

Fig.3 Logic diagram of starting failure protection (e.g. failure component is connected on bus I)

失灵的电压闭锁元件, 是以低电压(线电压)、负序电压和3倍零序电压构成的复合电压元件^[6]。失灵出口动作, 需要相应母线段的失灵复合电压元件动作。

对于变压器或发变组间隔, 设置“主变失灵解闭锁”的开入触点。当该支路失灵保护起动后, “主变失灵解闭锁”的开入触点动作, 实现解除该支路所在母线的失灵保护电压闭锁^[7]。然后按照整定延时跳开母联开关及失灵断路器所在母线上连接的所有元件。

3) 具体原因分析

由于“失灵经变压器保护动作闭锁软压板”控制字被错误地置0(参考图2), 那么“或门3”的开

放实际上已不受“变压器保护动作触点输入”的闭锁, 即“或门3”一直是开放的; “失灵经断路器不一致触点闭锁软压板”置0, “或门1”是开放的; 事件发生时, 由于1号发电机有功、无功、电压等表计的电压回路接在1YH二次回路中, 当1YH二次保险被取下, 二次侧三相均无电压时, 发电机有功、无功、电压均下降到零, 运行人员误以为发电机电压降低了, 紧急操作手动增磁, 致使发电机定子励磁回路电流增大, 发电机定子电流过负荷, 在发变组保护未动作之前, 发变组失灵启动保护的“失灵相电流元件”已达到定值而启动, 故“或门4”开放, 又因“失灵启动投入软压板”置1, 故“与门2”开放; 由于此时1号发变组出线断路器221未断开, 故“断路器合闸位置触点输入”为1, 故而“或门2”开放。“与门1”的四个条件全部满足, 故而开放, 发变组失灵启动保护动作, 经一时限解除了母差失灵复合电压闭锁, 二时限启动母差失灵保护, 0.25 s后跳开了母联开关220及连接在220 kV上母的所有元件(包括1号发变组出口221断路器和三条220 kV出线断路器)。

3 相关问题说明

1) 1号发变组出口PT 1YH A相一次保险熔断后, 发变组保护RCS-985A功能是否受到影响

1号发变组出口PT 1YH A相一次保险熔断后, 发变组保护RCS-985A用二次电压已切换至正常电压, 保护功能未受影响。

发电机机端接入两组电压互感器(1 PT、3 PT), 比较两组电压互感器的相间电压(用 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CA} 表示1 PT相间电压, U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} 表示3 PT相间电压)、正序电压(用 U_1 表示1 PT正序电压, U_1' 表示3 PT正序电压)是否一致来判断PT断线。动作判据:

$$|U_{AB} - U_{ab}| > 5 \text{ V}$$

$$|U_{BC} - U_{bc}| > 5 \text{ V}$$

$$|U_{CA} - U_{ca}| > 5 \text{ V}$$

$$|U_1 - U_1'| > 5 \text{ V}$$

满足以上任一条件延时0.2 s发PT断线报警信号。哪一组PT电压低, 报哪一组PT断线, 并启动PT切换, 将发变组保护用PT电压切换至电压正常的一组PT。1号发变组出口PT 1YH A相一次保险熔断后, 1 PT A相的二次电压也降低, 此时, 发变组保护自动切换至3 PT。失磁、失步、过电压、过

励磁、逆功率、频率等与电压相关保护不受影响。

2) 1号发变组保护 RCS-985A 未动作, 而由失灵保护启动解裂 1号机的原因

由于操作员手动增磁引起的相关电压、电流量变化并没有达到 RCS-985A 相关保护的整定值, 故 RCS-985A 相关保护未动作。但电流量达到了 RCS-974AG 的“发变组失灵启动保护”的相电流元件动作整定值, 而“发变组失灵启动保护”又不经“变压器保护动作”触点闭锁, 故“发变组失灵启动保护”先于 RCS-985A 相关保护动作, 启动母线保护, 扩大了停电范围。

需要注意的是, 如果持续增磁, RCS-985A 相关保护如“定子绕组过负荷”、“励磁绕组过负荷”、“发电机过电压”等也会达到整定值而动作, 不过这时只会切除 1号发电机组, 不会启动母线保护。

3) 厂用电快切装置没有进行快速切换

厂用电正常手动切换或保护启动切换时, 快切装置判断快切条件满足, 可进行快速切换。当时 1号发电机是由失灵保护动作而跳闸, 发变组本身保护没有启动, 故没有由保护启动快切进行切换, 而是由快切装置本身根据厂用母线三相电压均低于整定值 (65 V), 时间超过整定延时 (1.5 s), 进行残压切换, 将厂用电切换至备用电源。

4 事故暴露的问题

1) “两票三制”执行不严, 生产现场工作人员信息沟通不畅。从而导致了误操作的发生, 产生不必要的损失。

2) 继电保护“防三误”工作落实不到位。因控制字整定错误而导致了故障范围的扩大。

5 事故处理

1) 按照1号发变组继电保护定值通知单要求, 将“失灵经变压器保护动作闭锁软压板”控制字重新置1, 并加强继电保护“防三误”工作的落实力度, 定期核查继电保护定值, 避免类似事故的再次发生。

2) 更换 1号发电机出口 PT 1YH 的 A 相一次保险, 并检查 B、C 相一次保险及三相二次保险的完好性; 完善和修改了针对 1号机运行中更换发电机出口 PT 一次保险的技术措施和安全措施。

3) 确保“两票三制”执行到位, 保证信息沟通顺畅, 避免因误操作造成的事故和损失。

6 结束语

该停机事故是由于误操作及继电保护定值整定错误引起, 具有一定的代表性, 再次凸显了电力系

统防止“误操作”和继电保护“防三误”工作的重要性, 可供其他单位借鉴, 防止类似事故的发生。

参考文献

[1] 王梅义. 高压电网继电保护运行与设计[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
WANG Mei-yi. Operating and designing of high voltage power grid relay protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.

[2] IEEE power system relaying committee. Summary update of practices on breaker failure protection[J]. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1982, 101 (3): 555-563.

[3] 于立涛, 王萍, 夏晓滨. 一起特殊故障引起母差保护动作的分析[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (12): 105-107.
YU Li-tao, WANG Ping, XIA Xiao-bin. Analysis of action of bus differential protection caused by unusual fault[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31 (12): 105-107.

[4] 易淑智. BP-2A 母差保护误动 110 kV 母联的事故分析[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36 (20): 75-77.
YI Shu-zhi. Analysis of 110 kV bus coupler circuit breaker tripping caused by the action of BP-2A bus differential protection[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36 (20): 75-77.

[5] 欧素敏. 一起失灵保护误动的原因分析[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (8): 96-98, 101.
OU Su-min. A false action analysis of breaker failure protection[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37 (8): 96-98, 101.

[6] 国家电力调度中心. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 二版. 北京: 中国电力出版社, 2000.
National Electric Power Dispatching Center. Power system protection practical technique Q & A[M]. Second edition. Beijing: China Electric Power Press, 2000.

[7] 陈绍亮, 宋小舟. 变压器单元失灵联跳和解除电压闭锁方案的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (19): 133-136, 140.
CHEN Shao-liang, SONG Xiao-zhou. Analysis of failure protection output the other sides of the transformer and open voltage block on transformer unit [J]. Power System Protection and Control, 2009, 37 (19): 133-136, 140.

收稿日期: 2010-01-22; 修回日期: 2010-05-26

作者简介:

孙建鹏 (1981-), 男, 硕士研究生, 从事电力系统分析及继电保护技术方向的研究; E-mail: tianyun169@126.com

韩文花 (1976-), 女, 博士, 副教授, 从事电力系统分析及继电保护技术方向的研究;

张永健 (1953-), 男, 副教授, 从事电力系统自动化、继电保护方面的研究。