

变压器单元失灵联跳和解除电压闭锁方案的研究

陈绍亮¹, 宋小舟²

(1. 广东电网公司揭阳供电局, 广东 揭阳 522000; 2. 北京四方继保自动化股份有限公司, 北京 100085)

摘要: 母线保护和变压器保护是变电站重要的元件保护, 传统上, 由于母线保护的范围和变压器保护的比较清晰, 互相之间无特殊配合要求, 但随着对电力系统的发展, 母线保护和变压器保护产生了失灵联跳和解除电压闭锁等诸多配合问题, 通过对变压器单元失灵联跳和解除电压闭锁方案的研究, 提出了对应的解决办法和合理方案, 对电力系统保护方案的设计以及技术标准的制定有一定的参考意义

关键词: 母线保护; 变压器保护; 失灵保护; 电压闭锁

Analysis of failure protection output the other sides of the transformer and open voltage block on transformer unit

CHEN Shao-liang¹, SONG Xiao-zhou²

(1. Guangdong Power Grid Co., Ltd, Jieyang 522000, China; 2. Beijing Sifang Automatization Co., Ltd, Beijing 100085, China)

Abstract: Busbar protection and transformer protection is main element protection in substation. In tradition, the protection zone is specific limit, is nothing cooperation problem between busbar protection equipment and transformer protection equipment. But according to development power grid in China, it brings up the problem failure protection output the other sides of the transformer and open voltage block on transformer unit. This paper analyzes these problems and provides a solution, which can be used as a reference to personnel of electric power project and technique standard.

Key words: busbar protection; transformer protection; circuit-breaker failure protection; voltage block

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)19-0133-04

0 引言

变电站是由母线、变压器(发变组)、电抗器、线路以及其它配套辅助设施组成的电能传送中心, 就继电保护来说, 分为线路保护和元件保护, 变压器和电抗器属于元件保护, 母线保护比较特殊, 但从传统意义上也应该属于元件保护。由于元件保护只保护和与自己相关的设备, 所以母线保护(特指装置, 含母差、失灵、充电、过流等具体保护, 以下同)的范围和变压器保护的比较清晰, 互相之间无特殊配合要求。但随着对电力系统可靠性和稳定性要求的提高, 母线保护和变压器保护之间的配合复杂起来, 出现了母线失灵保护联跳变压器各侧和变压器支路失灵解除母线电压闭锁等很多配合问题, 对这些保护配合问题进行深入研究, 理解这些配合问题本质, 并提出对应的解决办法和合理方案, 对电力系统保护方案的设计以及技术标准的制定有一定的参考意义。

1 变压器单元外部解除电压闭锁

国家电网公司最近通过了《变压器、高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范》(Q/GDW 175—2008), 其中“7.2.2 双母线接线的断路器失灵保护”中明确规定,“为解决某些故障情况下, 失灵保护电压闭锁元件灵敏度不足的问题, 变压器支路应设置独立于失灵启动的解除电压闭锁开入回路”, 点明变压器保护必须提供给母线保护一个接点, 用于解除其失灵保护的电压闭锁。那么, 为什么要设置该条规范? 其中的“某些故障”又是指那些故障呢?

这需要从一次事故说起, 1992年4月8日21时16分, 石景山电厂3号机开机后带负荷时, 机组危机保安器误动关闭主汽门, 跳开灭磁开关并联跳变压器高压侧, 但断路器脱扣犯卡, A相断路器失灵未跳开, 发电机保护的负序过流保护、逆功率保护、主变压器的间隙零序电流保护动作后, A相断

路器仍未跳开，变压器高压侧母线（220 kV）的失灵保护未动作，6 s 后，运行人员手动拉开断路器。发电机长时间通过负序电流，其转子和护环损坏（电力系统继电保护典型故障分析 P224~225）。由于发变组本身没有发生短路故障，变压器间隙击穿后母线电压基本正常，零序和负序电压均较低，达不到断路器失灵保护电压闭锁的启动值，虽然已启动 220 kV 断路器失灵保护，但失灵保护出口被电压元件闭锁无法切除故障，造成了烧机事故。此事故引起了有关领导高度重视，组织专家认真地讨论，制定了发电机变压器组断路器失灵保护的改进原则：发电机变压器组失灵保护如有电压闭锁，其保护启动失灵保护时，应采取措施解除电压闭锁。并在具体的改进措施中采用了断路器位置+两个零序电流串联解除电压闭锁的方案。

此事故是解除电压闭锁反措的来源和直接原因，国家电网公司印发《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》（国电发【2000】589 号）的“11 防止发电机损坏事故”的“11.6”也规定：“防止发电机非全相运行。发电机变压器组的主断路器出现非全相运行时，其相关保护应及时起动断路器失灵保护，在主断路器无法断开时，断开与其连接在同一母线上的所有电源。”进一步强调，发变组支路断路器失灵时必须保证失灵保护可靠出口，也就是说变压器支路的失灵保护必需有解除电压闭锁的措施。

由于变压器本身的非电量保护动作(如绕组温度高)等，也会造成复合电压闭锁发挥不了闭锁作用，引起失灵保护拒动。在以下几种故障情况下可能无法解除失灵保护电压闭锁：

a) 低压侧无总断路器的 500 kV 变压器，变压器内部轻微匝间故障，差动保护动作，中压侧断路器失灵时（高压侧 3/2 接线），各侧复合电压元件均可能不动作。

b) 低压侧有总断路器的 500 kV 变压器，当低压侧 PT 因故退出运行（PT 检修或母线检修），低压侧故障，差动保护动作，中压侧断路器失灵时（高压侧 3/2 接线），各侧复合电压元件均可能不动作。

c) 中压侧并列运行或存在转供负荷，低压侧有并网小电源的 220 kV 变压器，内部轻微匝间故障或低压侧故障，差动动作后，中低压侧电压可能立即恢复正常，而高压侧复压元件可能不动作。所以电网公司的标准化设计规范中把解除电压闭锁扩大到了所有变压器支路。

解除电压闭锁的逻辑经过多年的完善，形成了如下的方案：

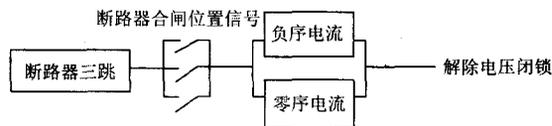


图 1 变压器支路解除电压闭锁逻辑

Fig.1 Scheme of open voltage block on transformer unit

由于所有规范或反措只规定了变压器支路断路器失灵时要解除电压闭锁，但没有规定是母线或是变压器保护完成解除电压闭锁的逻辑，所以具体实现有多种方案：

a) 专有装置（如断路器单元保护）完成解除电压闭锁逻辑，通过开入启动母线保护完成失灵保护及解除电压闭锁功能。

b) 变压器保护动作后直接通过双开出触点到母线保护，母线保护完成解除电压闭锁逻辑判别，结合失灵保护完成解除电压功能。

c) 变压器保护完成解除电压闭锁逻辑，母线保护只保留解除电压闭锁开入，接到变压器保护的开入触点后，解除该母线的失灵电压闭锁。

现在大部分母线的失灵保护可以满足以上两种要求，但不推荐方案 b。由于方案 b 中多个变压器支路都需要失灵保护完成该功能，通过母线保护完成，增加了断路器失灵保护的复杂性。c 方案为绝大多数地区的使用方案。

使用时，不同设备制造商的方案也有细微差别，有的外部解除电压闭锁是按支路解除，有的不分支路，只要有解除电压闭锁开入就解除所有母线上的电压闭锁，从可靠性考虑，外部解除电压闭锁按支路进行更加合理，因为在此方式下，即时解除电压闭锁误开入，但由于对应支路的断路器失灵保护没有引入，也不会误解除电压闭锁，四方继保自动化公司的按支路解除电压闭锁方案如图 2。

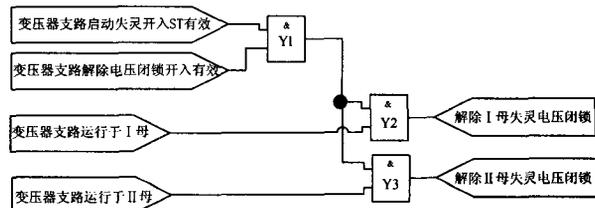


图 2 按支路解除电压闭锁

Fig.2 Open voltage block according to transformer unit

2 断路器保护联跳变压器三侧

考虑多侧电源的影响，主变高中压侧断路器失灵时，需要联跳变压器其它各侧，但对于母线故障主变断路器失灵问题，“十八项反措”只有原则性要

求, 无详细实施方案, 各网省局做法差异较大。并且华北局规定, 500 kV变电站, 母线保护动作后直接联跳变压器各侧, 220 kV变电站, 则需要经过失灵判别后联跳变压器各侧。

为了考虑兼容性, 设备制造商不得不把 220 kV 母线保护做的非常复杂, 如图 3, 主变间隔提供六组出口, 一组动作于开关的一个跳圈; 一组用于自启动主变失灵跳三侧; 两组用于 500 kV 站的 220 kV 母线, 在母线动作时由主变保护直接跳开主变高压侧开关; 两组用于 220 kV 站的 220 kV 母线, 在主变间隔失灵时给出跳三侧出口, 由主变保护跳开主

变三侧开关。

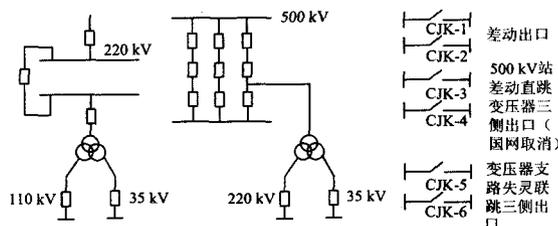


图 3 母线保护失灵联跳变压器出口

Fig.3 Busbar circuit-breaker failure protection output the other sides of the transformer

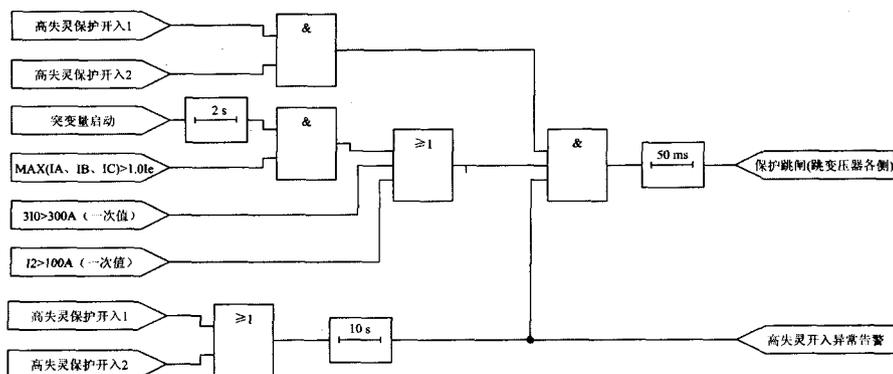


图 4 变压器保护失灵联跳逻辑

Fig.4 Scheme of transformer failure protection output the other sides

为了统一思路和便于管理, 国网标准化明确了失灵联跳的做法, 母线故障时, 其变压器支路的失灵判别有母线保护完成, 母线保护提供失灵联跳触点启动变压器保护, 变压器高压侧和中压后备保护, 接到失灵保护动作触点开后, 应经灵敏的、不需整定的电流元件并带 50 ms 延时后跳变压器各侧断路器。按照国网公司的思路, 变压器保护需要设置高中压侧失灵联跳保护: 用于母差保护跳高中压开关失灵时, 变压器保护联跳开变压器各侧开关。高中压侧失灵保护开入引自高中压侧母线保护的变压器支路失灵动作触点。四方公司的变压器失灵联跳方案得到了国网专家组的认可, 见图 4。

3 旁路代变压器时解除电压闭锁和失灵联跳的处理

我国很多老的变电站为节省投资, 母线系统设置旁路, 如果考虑旁路代变压器问题, 那么就需要考虑旁路带变压器时解除电压闭锁和失灵联跳出口的处理, 为了识别旁路状态, 一般来说, 需要设置多个压板或引入旁路隔离刀闸, 并且需要旁路屏和变压器屏进行失灵启动的切换, 操作的复杂性增加很多, 现场接线也多。

四方公司现在的母线保护方案是增设“投主变旁代”开入压板, 当此压板投入时, 旁路开关判各主变的解除复压闭锁开入, 任一主变有解除复压闭锁开入, 旁路开关的失灵保护均可以完成解除复压闭锁; 当此压板退出时, 旁路开关的失灵保护须经失灵复压闭锁。另将此压板放在旁路保护屏上。

因此, 对于旁路代变压器的处理, 不同的电力公司有不同的考虑。部分电力公司认为, 旁路代变压器是很少的事件, 有的变电站甚至几年也不发生一次, 考虑失灵和解除电压闭锁的小概率事件, 综合该方案带来的复杂性和可靠性, 宁可考虑旁路代变压器。而另外部分电力公司, 考虑的是整个保护方案的完整性, 要求必须考虑旁路代变压器。国网公司由于新建设的母线系统无旁路, 所以在设计规范中没有考虑旁路代变压器的方案。

当旁路代变压器时, 外部解除电压闭锁的方案如图5, 其中以—个变压器支路为例, 多个支路的逻辑类似。旁路转代主变时, 此时如果旁路失灵跳母线, 根据所投入的“旁路转代主变”压板, 联跳被转代主变的其他侧出口, 方案比较复杂, 如图6。

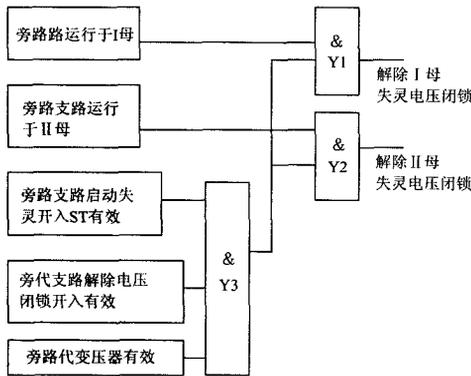


图5 旁路代路解除电压闭锁

Fig.5 Open voltage block on the bypassing transformer

人员能够从整个系统层面分析和考虑问题，按照规范制定的原则进行工作，以上问题都能得以很好的解决。

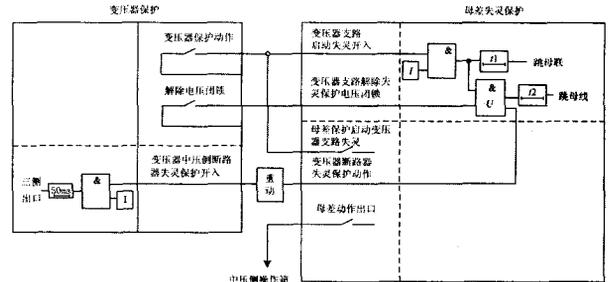


图7 母线保护和变压器保护配合逻辑

Fig.7 Scheme of cooperation between busbar protection equipment and transformer protection equipment

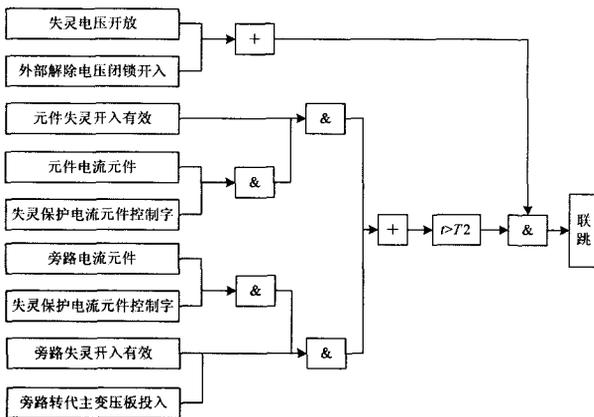


图6 旁路代路时变压器单元失灵联跳逻辑

Fig.6 Scheme of transformer failure protection output the other sides on bypassing transformer

4 结论

综合以上分析，对于变压器支路的断路器失灵，无论是变压器保护动作或是母线保护动作，都需要进行解除电压闭锁和失灵联跳的处理，以确保变压器的安全和电力系统的稳定。母线保护和变压器保护在变压器支路失灵时的配合推荐方案如图7所示。

从运行的可靠性、安全性等各方面考虑，旁路代路时，即使变压器支路失灵，也可不考虑母线和变压器的解除电压闭锁和失灵联跳逻辑。

变电站内母线保护和变压器保护的配合，涉及母线保护动作启动变压器保护失灵联跳、失灵保护变压器单元启动后失灵联跳、变压器保护动作后解除母线电压闭锁、旁路代变压器等诸多技术问题，而每个问题都关系到电力系统的安全和可靠运行，作为电力系统的设计院、运行人员和电力设备制造商，应该对上述问题的来源和解决办法清楚了，制定可行的实现方案。由于国网标准化和南方电网标准化已经实施或正在实施，如果所有电力系统的

参考文献

- [1] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 1995. ZHU Sheng-shi. The Principle and Technology of Protective Relaying in High Tension Network[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1997.
- [2] 王广延. 电力系统元件保护原理 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1986. WANG Guang-yan. Protection Principle of Power System's Element[M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1986.
- [3] 吴晓梅, 邹森元, 王德林, 等. 电力系统继电保护典型故障分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001: 224-225. WU Xiao-mei, ZOU Sen-yuan, WANG De-lin, et al. Typical Failure analysis of Relaying Protection of Electrical System[M]. Beijing: China Electric Power Press 2001.224-225.
- [4] 陈铁, 刘更, 等. 国产微机母差、失灵保护在电压闭锁回路应用上的探讨[J]. 电力系统装备, 2004, (4): 92-95. CHEN Tie, LIU Geng, et al. Voltage Block Scheme of Busbar Protection and Failure Protection of Made in China[J]. Electric Power System Equipment, 2004, (4): 92-95.
- [5] 王丰军, 汪强, 等. 发电机变压器组高压断路器失灵保护分析[J]. 电力安全技术, 2006, 8 (9): 24-26. WANG Feng-jun, WANG Qiang, et al. High-V Circuit Breaker Malfunction Protection Analysis in Generator & Transformer Protection Integrated[J]. Electric Safety Technology 2006, 8 (9): 24-26.
- [6] 彭小梅, 等. 论发电机变压器组高压断路器配置失灵保护的作用[J]. 广东科技, 2008, (10): 130-131. PENG Xiao-mei, et al. The Use Analysis of High-V Circuit Breaker Malfunction Protection in Generator & Transformer Unit Integrated[J]. Guangdong Science & Technology, 2008, (10): 130-131.
- [7] 王建成, 郑砚国, 等. 泰山第二核电厂发变组保护中非全相保护启动失灵动作原因的分析及解决措施[J]. 继电器, 2006, 34(4): 83-85.

(下转第140页 continued on page 140)

术改造的进度, 由于停电时间的减少也提高了电网的稳定性, 其效益是多方面的, 值得大力推行。

5 新“四统一”设计方案的制定与实施

新“四统一方案”的实施很大程度上不是技术问题, 而是管理问题, 既新“四统一”设计方案的相关标准的制定问题。

新“四统一”方案实施的环节包括了设备生产、二次回路设计、设备运行, 涉及的部门包括微机保护设备厂家、设计部门、电力运行部门。

在微机保护的生产和设计的环节中, 新“四统一”方案对设备厂家和设计部门并没有显著的经济效益, 保护厂家、设计部门没有足够的动力和权威制定新“四统一”设计原则的相关技术标准。

电力运行部门是新“四统一”设计方案的最大受益者, 也有足够的动力和相应的权威, 由电力运行部门牵头各个厂家及设计部门, 制定企业级的技术标准是非常合适的。考虑到技术标准的普适性, 至少是省一级的电力部门牵头制定。标准经过一定时间的考验后, 可以由电力行业标准委员会提升为行业标准。

由于新“四统一”设计方案仅仅对保护的外部表现形式进行了相应的规范, 对保护原理没有影响, 不同的设备其相应的软硬件或许需要进行一定程度的改动, 对保护设备的生产、安装、调试将会起到积极的作用。

由于规范了保护的外部表现, 实际上消除了各

厂家保护设备的接入壁垒, 质量可靠、原理先进的保护的市场份额将会有所增加。同时, 设计院的相应设计工作量也会因此方案的实施而大大减少。

6 总结

由于微机保护在设计、生产时缺乏统一的规范, 导致了在保护改造工作中, 增加了额外的工作量, 给安全生产带来了很大的压力, 也造成了不小的浪费, 如果按照“新四统一”原则统一设计标准, 就可以大大地减少停电时间, 提高供电可靠性, 对节能降耗具有重要意义, 同时也减少保护改造的工作量, 减少不安全事故的发生。这些工作需要电网运行主管部门、保护厂家、设计院联合商议, 才能得到妥善的解决。

参考文献

[1] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护规定汇编[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.

[2] 广东电网公司电力调度中心. 《广东电网变压器保护配置及组屏原则(试行)》[Z]. 2007.

[3] 王梅义. 四统一高压线路继电保护装置原理设计[M]. 北京: 水利电力出版社, 1990.

收稿日期: 2009-06-02

作者简介:

苏忠阳(1969-), 男, 高级工程师, 从事继电保护管理工作. E-mail: suzy@gzpsc.com

(上接第 136 页 continued from page 136)

WANG Jian-cheng, ZHENG Yan-guo, et al. Causes and Measures of Non-complete Phases Protection's Start Failure Second Qinshan Nuclear Power Plant Generator-transformer Group Protection[J]. Relay, 2006,34(4):83-85.

[8] 杜兆昌. 关于大中型发电机、变压器组主断路器失灵保护启动的浅析[J]. 上海大中型电机, 2005,(2): 39-40.

DU Zhao-chang. Investigation on Malfunction Protection of Circuit Breaker for Large Unit[J]. Shanghai Medium and Large Electrical Machines, 2005,(2):39-40.

[9] 是晨光, 陈晓强. 主变压器220 kV断路器失灵保护的探讨[J]. 电网技术, 2006,(S2): 485-488.

SHI Chen-guang, CHEN Xiao-qiang. Investigation of the Transformer 220 kV Circuit Breaker Failure Protection[J]. Power System Technology, 2006,(S2): 485-488.

[10] 裘愉涛, 梁海宁. 发电机、变压器保护配置问题的探讨[J]. 浙江电力, 2003,(2):23-25.

QIU Yu-tao, LIANG Hai-ning. Investigation on Disposing of Generator Protection and Transformer Protection[J]. Zhejiang Electric Power, 2003,(2): 23-25.

[11] 董红, 邢岩, 刘大鹏, 等. 断路器失灵保护误动原因分析及防范措施[J]. 吉林电力, 2008,(4):33-36.

DONG Hong, XING Yan, LIU Da-peng, et al. Analysis and Prevention Measurements for Mal-function of Circuit Breaker Failure Protection[J]. Jilin Electric Power, 2008,(4): 33-36.

[12] 陈晓强, 是晨光. 旁代主变压器220kV断路器失灵保护回路改进[J]. 江苏电机工程, 2008,(1):49-51.

CHEN Xiao-Qiang, SHI Cheng-guang. Improvement of the 220 kV Circuit Breaker Failure Protection Loop for the Bypassing Transformer[J]. Jiangsu Electrical Eegneering, 2008, (1): 49-51.

收稿日期: 2009-04-14;

修回日期: 2009-05-05

作者简介:

陈绍亮(1973-), 男, 工程师, 从事电力系统继电保护和自动化运行管理工作;

宋小舟(1969-), 男, 高级工程师 从事电力系统保护产品研究开发. Email: Songxz@sf-auto.com