

一种网络化 10 kV 母线快速保护系统的试验分析

余南华, 代仕勇, 梁晓兵

(广东电网公司电力科学研究院, 广东 广州 510600)

摘要: 利用 GOOSE 技术组建网络化母线快速保护系统是实现 10 kV 母线故障快速保护的新方法。基于一个 110 kV 变电站的 10 kV 母线快速保护系统试验, 对 GOOSE 通信机制的实时性、快速母线保护逻辑功能、容错功能三个方面进行了系统的分析, 并提出了仍存在的三个问题。针对各个问题提出了相应的解决方案, 完成了对现有 10 kV 母线快速保护方案的优化。

关键词: 变电站; IEC61850 标准; GOOSE; 母线快速保护; 优化

Experimental analysis of 10 kV fast busbar protection based on networking technology

YU Nan-hua, DAI Shi-yong, LIANG Xiao-bing

(Guangdong Power Technology Research Institute of Guangdong Grid Company, Guangzhou 510600, China)

Abstract: Using GOOSE technology to construct the net fast busbar protection system is a new method for realizing 10 kV fast busbar protection function of substation. Based on an experiment of 10 kV fast busbar protection system in a 110 kV substation, this paper analyzes the real-time of GOOSE policy, fast busbar protection function and fault-tolerance function. Three aspects of defects are listed and the correspondent solutions are offered. Finally the optimization scheme for the existing 10 kV fast busbar protection is developed.

Key words: substation; IEC61850; GOOSE; fast busbar protection; optimization

中图分类号: TM773 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)20-0168-04

0 引言

随着IEC61850标准在国内的推广应用, 变电站二次系统的重大技术革命拉开序幕, 数字化变电站试点建设在国内迅速推进, 至今已有数十个数字化变电站、大量IEC61850技术改造变电站相继投运。无论是数字化变电站, 还是处于向数字化变电站模式过渡的IEC61850变电站的工程应用上, 均充分体现了GOOSE解决方案的快速性、可靠性以及灵活性。其中利用GOOSE技术实现网络化10 kV母线快速保护, 便是推行网络化保护及控制技术较为新颖的实例^[1-2]。

10 kV 母线故障一般靠主变低压侧后备保护来切除, 这种设计方案的弊端是一旦发生母线短路故障时, 故障不能被快速切除而导致不良后果。当前国内外提出的保护方案就是配置常规的母线差动保护, 把母线段上各回路的电流量引入差动保护装置(或差动继电器), 但需增加的二次电缆较多, 电缆投资大, 现场施工工作量大, 因此很难得到运行单位的认可。基于 GOOSE 机制的网络化母线保护功

能是一种新方法, 利用 GOOSE 技术组建 10 kV 母线快速保护系统能够使二次接线大大简化^[3]。但由于该技术尚处于试行阶段, 仍存在一些待解决、需完善的问题。本文对该技术原理和优越性进行简要的介绍, 并基于广东电网在某变电站首次采用的网络化 10 kV 分布式母线保护系统的试验工作, 对 GOOSE 机制的实时性, 保护逻辑的功能以及冗错功能等进行了分析, 提出了仍存在的问题及其相应的解决对策。

1 10 kV 母线快速保护基本原理

10 kV 分布式母线保护功能由 10 kV 相关母线段上的所有出线保护测控装置、分段断路器保护测控装置、主变低压侧的保护测控装置来共同配合完成, 各间隔保护仅负责完成本间隔的故障判断以及跳闸出口。其保护逻辑如图 1 所示。

(1) 出线保护测控装置: 在运行中, 母线上的各保护装置实时判别故障电流的方向; 当故障电流背离母线时发闭锁跳闸的 GOOSE 信号。

(2) 分段保护装置: 在开关处于合位且母线速

断保护起动后, 若未接收到任何母线 GOOSE 闭锁跳闸的信号 (或逻辑) 就判断为母线故障, 经延时定值 T 后跳开本间隔断路器。

(3) 主变低压侧后备保护装置: 母线速断保护起动后, 未接收到任何母线闭锁跳闸的 GOOSE 信号 (或逻辑) 就判断为母线故障; 在分段开关处于分位时经延时定值 T 后跳开主变低侧开关; 在分段开关处于合位时经延时定值 T_2 后跳开主变低压侧

开关。

由于传统的保护闭锁信号传送需要引大量电缆线路, 导致接线较复杂, 施工难度较大。通过组建 GOOSE 网, 构成网络化 10 kV 母线快速保护系统, 实现间隔间横向通信, 交换各个间隔开关量状态信息, 且间隔间的 GOOSE 信息可以实时校验, 状态信息异常可以报警, 方便检修。

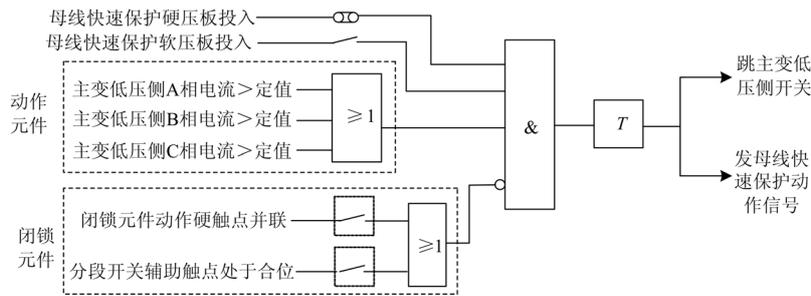


图 1 母线快速保护动作逻辑示意图

Fig.1 Scheme of fast bus protection

2 系统试验与问题的提出

2009 年 6 月中旬, 在东莞 110 kV 厦岗变电站的 IEC61850 技术改造工程中, 采用了网络化 10 kV 母线快速保护技术, 这也是广东电网地区首次采用该技术。工程采用了深圳南瑞科技有限公司的出线保护 ISA381GA, 母联保护 ISA358GC 和低压侧后备保护 ISA388G, 并依靠以太网技术, 组建了 GOOSE 网, 建立网络化母线快速保护系统。

2.1 GOOSE 实时性试验

为获得 GOOSE 信息传送的及时性和抗干扰性, 测试中采用 Smartbit600 网络测试仪模拟网络风暴, 并将风暴流量抑制为 3 M (带宽为 100 M) 来模拟网络峰值流量工况。并设计了以下两种方法来进行实验。

(1) 直接法: 通过计算出线保护 ISA351G 的启动时间与母线快速保护闭锁时间的差值得到 GOOSE 报文发送延迟时间。

(2) 间接法: 逐渐降低低压侧后备保护延时定值 T , 直到低压侧后备保护出口前无法接收到闭锁信号。

试验结果如图 2、3 所示。

试验结果表明, 无论是否加网络风暴, 采用直接法还是间接法, 均可以得到 GOOSE 报文从出线保护启动到低压侧后备保护启动需要 20~21 ms, 为确定低压侧后备保护延时定值 T 提供了数据参考。实际网络在线监测结果表明, 正常运行工况下

网络负荷通常远远低于 1 M, 在保护、测控事件增多的情况下网络负荷峰值在 1 M 左右。因此, 试验表明, 即使在网络流量负荷到极限情形下, GOOSE 传送受影响延迟不超过 1 ms, 具有较强的抗干扰性。

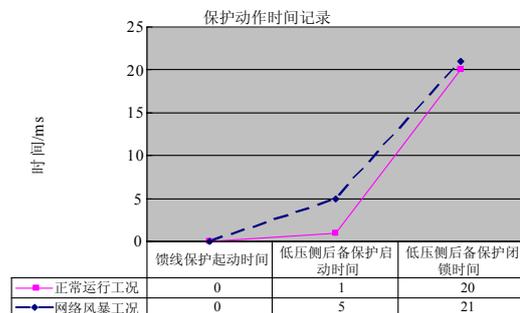


图 2 直接法测试

Fig.2 Experimental result from direct test

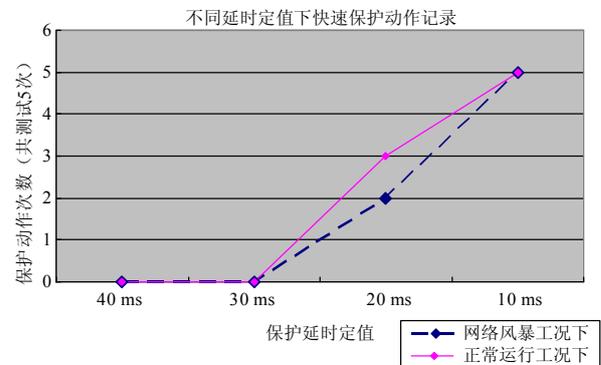


图 3 间接法测试

Fig.3 Experimental result from indirect test

2.2 保护逻辑功能试验

试验为分段开关投入和断开两种情形时，如图4所示，其保护逻辑具体如下：

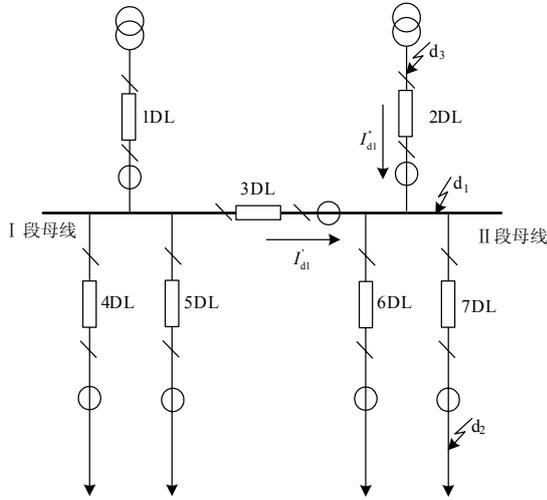


图4 10 kV 母线保护故障分析图

Fig.4 Logic scheme of 10 kV bus protection system

(1) 分段开关 3DL 处于分位。当母线 I 段或 II 段过流故障时，在无 GOOSE 闭锁信号输入情况下，主变低压侧后备保护装置 1DL 或 2DL 的动作元件动作，母线快速保护经一小延时 T 跳开主变低压侧开关，同时闭锁其备自投；当出线过流故障时，出线保护装置的闭锁元件瞬时发出闭锁 GOOSE 信号传送到主变低压侧后备保护装置，闭锁母线快速保护，同时出线保护动作。

(2) 分段开关 3DL 处于合位。按现有系统的保护逻辑，分段保护直接闭锁母线快速保护 1DL 和 2DL，故障保护任务交付其他保护。

在实际试验中，通过为保护装置施加过流量来模拟故障，并测试保护装置的开出来确认动作。需要说明的是，系统在合位状态时的保护逻辑过于简单，不能发挥母线快速保护的作用。

2.3 容错功能试验

在系统处于异常运行工况下，进行冗错功能的试验主要分为以下两种情形。

(1) 通信中断。对于变压器后备保护和分段保护装置，均实时对 GOOSE 网络的通信状态进行监视。在给定时间内收不到母线上任何装置的 GOOSE 信息（含心跳报文）时则认为是 GOOSE 网络通信中断，此时闭锁本间隔的母线保护并告警；待正确收到相关报文后即时开放。

(2) 间隔检修。为检修方便，增加检修压板（硬压板）。各间隔保护单元实时检测检修压板的状态。在间隔检修停运时，所发送的 GOOSE 信号均置 Test

品质描述标志，或者屏蔽对所有间隔保护装置状态信号的发送（仍发送心跳报文），从而确保正常运行的间隔保护不受任何影响。

在实际试验中，通过采用在线监督 GOOSE 报文等方法，验证了以上两种异常工况的处理方式。

2.4 系统整体性能的评估

通过上述试验工作，证实了该系统存在以下优点：

- (1) 组网简单，避免了复杂的二次接线。
- (2) GOOSE 机制实时性高和抗干扰性强，易实现保护动作的快速性。
- (3) 在无母线分段或分段开关处于分位情形下，系统的保护功能基本可以实现母线故障快速保护的功能。

此外，在以下方面有待于进一步研究并完善：

- (1) 保护装置没有考虑过流方向，因此无法处理例如部分地区小电源反送电故障的情形。
- (2) 对于分段开关处于合位的情形，本系统的保护逻辑过于简单，还无法完整地发挥 GOOSE 快速保护的优势。
- (3) 容错方案分别单独考虑通信中断和间隔检修两种情形，但在间隔检修与通信中断同时发生时，间隔检修停运时所发送带 Test 品质描述标志的 GOOSE 信号无法送出，被视为通信中断而闭锁母线保护，导致此期间存在风险。

3 优化方案

3.1 设置反方向元件

当电力网络发生故障时，通过分散的各个保护单元判断出故障电流流动方向以区分是否为母线故障。当母线外部故障时，故障电流方向背离母线，故障近端保护单元功率方向继电器反方向动作，发 GOOSE 闭锁跳闸信号，闭锁母线保护；当母线内部故障时，功率方向继电器反方向不动作，不发 GOOSE 闭锁跳闸信号，各故障启动的保护单元没有接收到 GOOSE 闭锁跳闸的信号就跳开本间隔断路器。

3.2 分段开关灵活闭锁

以图4为例，设定分段开关的反方向元件电流正极性以一次电流流出 I 母线流入 II 母线为参考正方向，功率方向背离母线为反方向。通过方向的判断可以灵活地收发 GOOSE 闭锁信息，解决分段开关投入时的分段母线运行工况的母线快速保护逻辑问题，也适用于分段开关处于分位时的保护逻辑。分以下几种故障情形，如表 1 所示。

3.3 集中设置软压板

集中在母线保护装置上设置各个 GOOSE 关联单元保护的软压板来实现灵活投退, 不仅可以代替检修硬压板的投退功能, 可以对通信中断的间隔进

行灵活的处理, 还可以对检修、网络中断异常同时发生的情形直接处理, 避免了检修期间不必要的母线保护闭锁。

表 1 各种故障情形对应的保护动作

Tab.1 Protection results from all faults

故障类型	保护装置母线保护单元	判断电流方向	反方向元件动作情况	发 GOOSE 闭锁信息	收 GOOSE 闭锁信息	保护动作
母线故障 (d_1 接地故障)	3DL 分段保护	I 母流向 II 母	不动作	无	无	跳闸
	2DL 进线保护	指向母线	不动作	无	无	跳闸
	6DL 出线保护	指向母线	不动作	无	-	不跳
	7DL 出线保护	指向母线	不动作	无	-	不跳
出线故障 (d_2 接地故障)	3DL 分段保护	I 母流向 II 母	不动作	无	7DL	不跳
	2DL 进线保护	指向母线	不动作	无	7DL	不跳
	6DL 出线保护	指向母线	不动作	无	-	不跳
	7DL 出线保护	反向母线	动作	3DL, 2DL	-	跳闸
进线故障 (d_3 接地故障)	3DL 分段保护	I 母流向 II 母	不动作	无	2DL	不跳
	2DL 进线保护	反向母线	动作	2DL, 3DL	2DL	不跳
	6DL 出线保护	指向母线	不动作	无	-	不跳
	7DL 出线保护	指向母线	不动作	无	-	不跳

4 结论

本文通过对网络化 10 kV 母线快速保护系统的实际试验的研究, 获得该系统较为良好的整体性能。此外, 还发现该系统存在三个需完善之处, 即故障过流方向的判断问题、分段开关的闭锁逻辑问题和容错处理问题, 针对以上问题, 本文提出优化方法如下:

(1) 设置反方向元件, 以获得故障过流方向来确定闭锁逻辑。

(2) 分段开关灵活闭锁, 根据既定的故障电流方向性来确定合理的闭锁逻辑。

(3) 设置母线保护软压板, 集中处理各种情形的异常运行工况。

通过以上的研究工作, 建立了一个较为完整、科学的网络化 10 kV 母线快速保护系统方案, 为该技术的推广应用提供借鉴。

参考文献

- [1] 朱炳铨, 任雁铭, 姜健宁, 等. 变电站自动化系统实现 IEC 61850 的过渡期策略[J]. 电力系统自动化, 2005, 29 (23): 54-57.
ZHU Bing-quan, REN Yan-ming, JIANG Jian-ning, et al. Strategy for implementation of IEC61850 in substation

automation system during transitional period[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29 (23): 54-57.

- [2] 殷志良, 刘万顺, 杨奇逊, 等. 基于 IEC 61850 的通用变电站事件模型[J]. 电力系统自动化, 2005, 29 (19): 45-50.
YIN Zhi-liang, LIU Wan-shun, YANG Qi-xun, et al. Generic substation event model based on IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29 (19): 45-50.
- [3] 朱林, 苏盛, 段献忠, 等. 基于 IEC 61850 过程总线的分布式母线保护研究[J]. 继电器, 2007, 35(S1): 40-44.
ZHU Lin, SU Sheng, DUAN Xian-zhong, et al. Research on IEC 61850 process bus based distributed busbar protection[J]. Relay, 2007, 35 (S1): 40-44.

收稿日期: 2009-11-04; 修回日期: 2009-12-28

作者简介:

余南华 (1976-), 男, 博士, 主要从事数字化变电站技术研究; E-mail: yunanhua@gddky.csg.cn

代任勇 (1978-), 男, 硕士, 主要从事变电站保信技术研究;

梁晓兵 (1973-), 男, 高级工程师, 主要从事变电站测控技术研究。