

# 基于 IEC61850 标准的变电站防误闭锁工程应用

丁峰, 陆承宇

(浙江省电力试验研究院, 浙江 杭州 310014)

**摘要:** 针对传统的变电站监控系统在传输闭锁信息时存在的问题, 将 GOOSE 模型应用于变电站间隔层闭锁信息的传输, 利用 GOOSE 报文传输的快速性和可靠性设计了一种快速、可靠且功能完善的防误闭锁方案。同时鉴于国内还没有成熟的智能化开关及闸刀, 采用智能操作箱作为过渡的过程层设备负责现场一次设备和间隔层测控装置之间的通信。工程实践证明此方案可快速而可靠地进行闭锁信息的传输, 简化了监控系统的设计方案, 节约了大量的二次电缆。

**关键词:** 防误闭锁; 监控系统; IEC61850; GOOSE; 智能操作箱

## Engineering application of interlocking in substation based on IEC 61850

DING Feng, LU Cheng-yu

(Zhejiang Electric Power Test and Research Institute, Hangzhou 310014, China)

**Abstract:** In order to cope with the problem of interlocking in a substation monitoring and control system, a fast, reliable and fully functional interlocking scheme is designed by using GOOSE model to transmit interlocking information in the substation bay level. Due to lack of mature intelligent switchgears, intelligent control boxes are used as interim equipments in the process level to link physical equipments and measurement control devices in the bay level. Engineering application shows that the interlocking scheme based on GOOSE can transmit interlocking information rapidly and reliably, and also simplify the design scheme of the monitoring and control system, which saves a large quantity of cable.

**Key words:** interlocking; monitoring and control system; IEC 61850; GOOSE; intelligent control boxes

中图分类号: TM762 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)09-0096-04

## 0 引言

防止电气误操作是保证电网安全运行的重要内容, 变电站采取的各种防止电气误操作的技术措施对于减少误操作及恶性事故的发生, 保证人身、电网、设备的安全起到了重要作用。目前, 各地区变电站防误闭锁的设备配置要求不统一, 存在着多种形式, 有些配置方案不够完善, 存在一定的安全隐患<sup>[1-5]</sup>。

随着计算机技术、网络通讯技术的飞速发展, 变电站自动化技术有了长足的进步。为了适应变电站自动化技术的发展, IEC TC57 参考并吸收了已有的许多相关标准, 建立了统一的变电站自动化通信标准体系—IEC61850, 它代表了变电站自动化的未来发展方向<sup>[6-9]</sup>。基于 IEC61850 标准的变电站自动化系统为实现完善的全站防误闭锁功能提供了有效手段。文献[10]介绍了一种由站控层、间隔层和网络传输层组成的新型变电站整体防误闭锁系统及其

实现原理。本文从工程应用角度出发, 着重讨论了在间隔层采用 GOOSE 如何实现可靠防误闭锁的实施方案。

## 1 变电站防误闭锁总体要求及措施

变电站内设备的操作通常是指对断路器、隔离开关及接地刀闸等电气设备的操作。这些电气设备在变电站内相互间有逻辑关系, 操作这些电气设备必须具有正确的先后次序和相应的逻辑条件。因此为防止恶性误操作事故的发生, 必须采取可靠的防误闭锁措施来防止: 误分、误合断路器; 带负荷拉、合隔离开关; 带电挂(合)接地线(接地刀闸); 带接地线(接地刀闸)合断路器(隔离开关); 误入带电间隔<sup>[11]</sup>。

目前传统变电站防误闭锁的措施一般包括以下方式:

a. 监控系统软件闭锁: 在监控系统的站控层和间隔层均具有软件实现防误操作的功能, 所有对隔

离开关和接地刀闸的操作控制均应经防误闭锁。

b. 微机防误装置: 远方操作时采用微机防误系统实现防误闭锁; 就地操作时则由微机防误系统的电脑钥匙和锁具来实现。

c. 电气闭锁: 是将断路器、隔离开关、接地刀闸等设备的辅助触点接入电气操作电源回路构成的闭锁。

d. 机械闭锁装置: 是利用电气设备的机械联动部件对相应电气设备操作构成的闭锁, 主要为隔离开关或开关柜本身自带闭锁装置。

其中电气闭锁和机械闭锁都不能实现完整的防误功能; 微机防误装置实际操作起来较为繁琐; 监控系统软件闭锁可实现完整的防误功能, 而且操作起来简单、可靠。

## 2 防误闭锁解决方案

操作控制功能可按远方操作、站控层、间隔层、设备级的分层操作原则考虑。无论设备处在哪一层操作控制, 设备的运行状态都应具备防误闭锁功能。

### 2.1 传统防误闭锁解决方案

采用变电站监控系统逻辑闭锁和本间隔电气硬接点闭锁回路实现防误闭锁功能。

当监控系统站控层及间隔层实现面向全站设备的综合操作闭锁功能时, 则远方操作、站控层操作及间隔层操作时均能实现完整的防误闭锁功能。现场就地操作时, 有间隔内的电气闭锁和监控系统闭锁也能实现防误闭锁功能。同时运行人员在设备现场挂、拆接地线等操作时, 应在站控层“一次系统接线图”上对应设置、拆除模拟接地线, 以保持两者状态一致。在设备上挂拆接地线也应经过防误闭锁, 即该模拟接地线挂拆参与闭锁判断。

为确保监控系统进行正确的逻辑闭锁判断, 必须实现对变电站内所有电气设备状态信号的实时采集, 实现监控系统与现场设备状态的一致性。而传统的变电站自动化系统间隔间的闭锁信息传输速率较慢且可靠性也不高; 尤其是网络上同时有大量其它信息传送时, 更会延迟或堵塞闭锁信息的传输, 严重时还会造成监控系统误闭锁。因此, 做为变电站自动化系统基础的通信系统, 其可靠性与信息传输的快速性决定了系统的适用性。IEC61850 通信标准为快速、可靠的实现变电站内闭锁信息传输提供了有效手段。

### 2.2 面向通用对象的变电站事件 (GOOSE)

GOOSE 是 IEC61850 制定的一种快速报文传输机制, 它支持由数据集 (DATA-SET) 组成的公共数据的交换。GOOSE 传输报文是基于多路广播应

用关联, 当数据集内特定功能约束 (例如 St) 的一个或多个数据属性值发生变化时, GOOSE 服务器就会产生一个发送 GOOSE 报文的请求, 当前的数据集值被编码进入 GOOSE 报文并作为传输数据在组播关联上发送<sup>[12]</sup>。

GOOSE 采用 Publisher/Subscriber 模型, 数据按要求以循环方式发送, 可以实现一发多收, 同时通过重发相同数据来获得额外的可靠性 (逐渐增加 SqNum 和传输时间)。主要用于间隔层之间以及过程层和间隔层的强实时信息传输。在变电站不存在过程层通信的情况下, GOOSE 可应用于间隔间测控设备的横向联系。典型地用于传送标准第 5 部分规定的“类型 1—快速报文”, 例如联锁闭锁信息等。

### 2.3 采用 GOOSE 实现可靠的防误闭锁解决方案

传统的监控系统中, 间隔层测控装置起到了承上启下的重要作用。主要负责采集一次电气设备的状态信息并上送给站控层以实现站控层的防误闭锁; 同时还在间隔层之间互传一次设备状态信息以实现间隔层的完整的防误闭锁功能。而 GOOSE 的应用改变了传统监控系统防误闭锁实施的过程:

a. 传统监控系统防误闭锁的实施过程大致是: 首先由装置研发人员设计和定义每个间隔测控装置的输入、输出端子, 设计院则根据监控系统防误闭锁的需求设计一次设备到各个间隔以及间隔之间的测控装置输入、输出端子的二次电缆连线; 施工单位根据设计院的设计图纸进行一次设备到各个间隔及间隔间电缆接线; 调试单位根据图纸对相关接线和防误闭锁功能进行测试和检查。

b. 基于 GOOSE 的监控系统防误闭锁实施方案: 由于目前国内还没有符合 IEC61850 标准的智能化开关及闸刀, 因此采用智能操作箱做为过渡的过程层设备。将其就近安装在开关场端子箱里, 并通过光纤连接到 GOOSE 交换机。测控装置也通过光纤连接到 GOOSE 交换机, 而测控装置之间原来二次电缆的设计和连接工作就变成了 GOOSE 通信组态和 GOOSE 配置文件下装的工作。对于每一台测控装置而言其 GOOSE 输入输出与传统端子排仍然存在对应的关系。因此各个二次设备厂家可以根据传统设计规范设计并提供出其装置的 GOOSE 输入输出端子定义(通过在 ICD 文件中预定义 GOOSE 数据集、控制块和 INPUTS 实现); 设计院则根据该定义设计 GOOSE 连线, 以表格的方式提供; 工程集成商通过 GOOSE 组态工具和设计院的设计文件, 组态形成项目的 SCD 文件; 二次设备厂家使用装置配置工具和全站统一的 SCD 文件, 提取 GOOSE 收发的配置信息并下发到装置由调试人员

进行测试。

作为过渡过程层设备的智能操作箱在实现防误闭锁功能的过程中起着重要作用：断路器、隔离开关、接地刀闸位置等状态信号仍然采用传统二次电缆接入智能操作箱，然后通过 GOOSE 网络由智能操作箱转送给测控装置；测控装置发送断路器、隔离开关、接地刀闸的控制和闭锁 GOOSE 报文至智能操作箱，然后由智能操作箱开出硬触点完成一次设备的操作和闭锁，如图 1 所示。与测控装置类似智能操作箱也需要进行 GOOSE 通信组态和 GOOSE 配置文件下装后，才能完成 GOOSE 报文的收发。

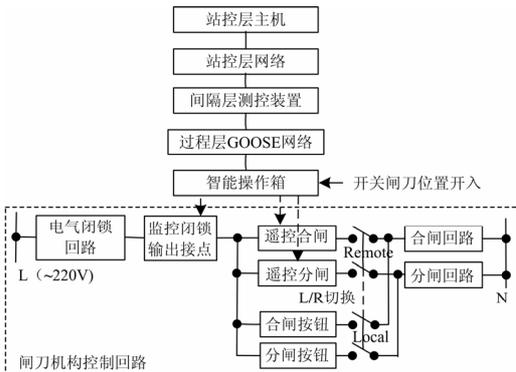


图 1 基于 GOOSE 的监控系统防误闭锁实施方案

Fig.1 Interlocking in the monitoring and control system based on GOOSE

对于遥控刀闸的控制：测控装置能够提供分、合闸和闭锁 GOOSE 报文传输给智能终端。合闸、分闸动作，均应通过闭锁逻辑判断。闭锁 GOOSE 报文能实时正确反映遥控刀闸的闭锁状态。当满足相关闭锁条件，闭锁 GOOSE 报文传输给智能终端允许对该刀闸进行操作时，由智能终端输出使闭锁硬触点闭合，以接通电动操作机构的控制电源回路，直到闭锁条件不满足时，闭锁 GOOSE 报文传输给智能终端闭锁对刀闸的操作，智能终端输出触点断开以切断电动操作机构的控制电源。

对手动刀闸的操作采用手动现场控制，计算机监控系统对其也有防误闭锁功能。间隔层测控装置输出闭锁 GOOSE 报文通过 GOOSE 网络传输给智能终端，由智能终端开出一付闭锁硬触点来实现，实现过程同遥控刀闸一样。

c. 测控装置与智能操作箱 GOOSE 的应用要求：

(1) 为确保 GOOSE 报文的可靠传输，实际应用中将装置的网络接口设计成一个网络地址（组播地址），GOOSE 报文直接发送到该网络地址。在发送端 GOOSE 采用连续多次传送的方式实现可靠传

输：间隔时间分别为 2 ms、2 ms、4 ms、8 ms 等。而在接收端 GOOSE 板接收除要检查组播地址是否匹配外，还要严格检查 AppID、GoCBReference、DataSetReference、GOOSEID 等，来杜绝发生闭锁 GOOSE 报文的误传输情况。

(2) GOOSE 报文的传输可直接映射到数据链路层和物理层，不经网络层和传输层，因此 GOOSE 报文的传输是非常快的，可以达到 2 ms。另外为了确保 GOOSE 报文的快速传输，装置要具有独立的 GOOSE 网络报文接口，该网络接口直接与装置 DSP 相连，具有高度实时性。同时采用支持优先级控制的以太网交换机，使 GOOSE 报文抢先到达目的地，数据传输速度迅速，从根本上改变了变电站监控系统的实时性。

(3) 装置刚被激活时(合上电源或重新服务)将用初始的 GOOSE 报文发送当前数据(状态)或者值。即使没有发生状态/值变化，装置仍以长的循环时间连续发送报文，这样可保证全部现已激活装置知道与它们相关联设备的当前状态。

(4) 装置如果超过设定的时间间隔没有收到设定的 GOOSE 输入，将报 GOOSE 断链报警，提醒用户检查链路。同时为了保证监控系统在通信中断时防误闭锁的可靠运行，对装置进行以下设置：

测控装置判断智能操作箱发送的 GOOSE 中断后，将断路器、隔离开关、接地刀闸双位置信号保持不变，同时将报文品质位置位（认为此数据是可疑的），站控层根据品质位进行处理提示运行人员。同时与中断智能操作箱有闭锁联系的闸刀和地刀全部判断为闭锁状态。

而智能操作箱判断测控装置发送的 GOOSE 中断后，将断开闭锁开出硬触点，从而确保一次设备不会误动作。

### 2.4 方案优点

(1) 能有效利用计算机监控系统的资源，由监控系统实现防误闭锁，无需再额外设置五防系统，节省了设备投资。

(2) 监控系统站控层和间隔层均设有全站性的电气防误闭锁功能。远方和就地操作时均由监控系统闭锁输出触点和间隔内电气闭锁串联，且闭锁信息的传输快速而可靠，能实现完善的防误闭锁功能。

(3) 从上面过程可以看到采用 GOOSE 后，屏柜内接线大量减少，屏柜间以及屏柜到开关场的实际接线工作也大量减少。而且可以采用 GOOSE 置数功能来模拟间隔之间的闭锁报文，调试工作也将变得快速简单，这些将有利于提高变电站的建设调试速度。

### 3 结论

将 IEC61850 标准中的 GOOSE 模型应用于变电站监控系统的防误闭锁, 可以快速而可靠的进行闭锁信息的传输, 杜绝误闭锁情况的发生, 同时也简化了监控系统的设计方案, 节省了设备投资, 是一种较为完善而可靠的防误闭锁实施方案, 值得在国内变电站中推广应用。

### 参考文献

- [1] 徐德超, 马春雷. 变电站防误操作技术措施应用研究[J]. 贵州电力技术, 2005, 25 (9): 26-27.
- [2] 顾拥军, 皮卫华, 杨乘胜, 等. 变电站防误闭锁应用分析[J]. 继电器, 2005, 33 (2): 66-70.  
GU Yong-jun, PI Wei-hua, YANG Cheng-sheng, et al. Application Analysis of Anti-mistake Defense System in Substation[J]. Relay, 2005, 33 (2): 66-70.
- [3] 陈志军, 李剑刚, 高宏伟. 500 kV 综合自动化变电站的防误闭锁应用[J]. 继电器, 2006, 34 (18): 69-71.  
CHEN Zhi-jun, LI Jian-gang, GAO Hong-wei. Application of Mistake Proof and Lock Installation in 500 kV Comprehensive Automatic Substation[J]. Relay, 2006, 34 (18): 69-71.
- [4] 冯锋, 冯华. 综合自动化变电所微机防误功能的分析[J]. 自动化仪表, 2004, 25 (5): 76-78.  
FENG Feng, FENG Hua. Analysis on Anti-malfunction of Microcomputer in Comprehensive Automation Substation[J]. Automation Instrumentation, 2004, 25 (5): 76-78.
- [5] 侯正纲. 计算机监控发电厂、变电站电气防误操作问题探讨[J]. 四川水利发电, 2006, 25 (3): 133-135.  
HOU Zheng-gang. Discussion on Mistake Proof in Power Plant and Substation Based on Computer Supervision[J]. Sichuan Water Power, 2006, 25 (3): 133-135.
- [6] 高翔. 数字化变电站应用展望[J]. 华东电力, 2006, 34 (8): 47-53.  
GAO Xiang. Application Prospects of Digital Substation[J]. East China Electric Power, 2006, 34 (8): 47-53.

- [7] 李文光, 刘昕戈, 康景利. 基于 IEC61850 和嵌入式以太网的变电站网络通信系统[J]. 仪表技术与传感器, 2006, 25 (9): 25-26.  
LI Wen-guang, LIU Xin-ge, KANG Jing-li. Substation Network Communication System Based on IEC61850 and Embedded Ethernet[J]. Instrument Technique and Sensor, 2006, 25 (9): 25-26.
- [8] 王大鹏, 栗俊凯, 晁军征. 浅谈数字化变电站的发展及应用[J]. 山东电力技术, 2007, 14 (1): 14-18.  
WANG Da-peng, LI Jun-kai, CHAO Jun-zheng. Brief Introduction of the Development and Application of Digital Substation[J]. Shandong Electric Power Technology, 2007, 14 (1): 14-18.
- [9] 吴在军, 胡敏强. 基于 IEC 61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术, 2003, 27 (10): 61-65.  
WU Zai-jun, HU Min-qiang. Research on a Substation Automation System Based on IEC61850[J]. Power System Technology, 2003, 27 (10): 61-65.
- [10] 唐成虹, 宋斌, 胡国, 等. 基于 IEC 61850 标准的新型变电站防误系统[J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (5): 96-99.  
TANG Cheng-hong, SONG Bin, HU Guo, et al. A New Electric Anti-maloperation System Based on IEC 61850 Standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33 (5): 96-99.
- [11] 国家电网生[2003]243号文, 防止电气误操作装置管理规定[S].  
State Grid[2003]243, Rule of the Anti-mistake Defense in Substation[S].
- [12] IEC. IEC 61850, Communication Networks and Systems in Substations[S].

收稿日期: 2009-06-21; 修回日期: 2009-09-07

作者简介:

丁峰(1978-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事变电站自动化与继电保护的研究和试验工作; E-mail: zepri@163.com

陆承宇(1973-), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事变电站自动化与继电保护的研究和管理工作。

(上接第 30 页 continued from page 30)

Wakileh G J. Fundamental Principle, Analytical Method and Filter Design of Harmonious Waves in Power Systems[M]. XU Zheng, Trans. Beijing: China Machine Press, 2003.

- [8] 申爱兵. 有源电力滤波器谐波电流检测方法仿真研究(硕士学位论文)[D]. 北京: 华北电力大学, 2006.  
SHEN Ai-bing. Harmonic Current Test Method and Simulation Study of APF, Thesis[D]. Beijing: North

China Electric Power University, 2006.

收稿日期: 2009-06-07; 修回日期: 2009-08-24

作者简介:

焦留成(1950-), 男, 博士, 教授, 主要从事直线电机理论与应用方面的研究;

陈群(1983-), 女, 硕士研究生, 从事电力系统运行与分析研究. E-mail: chenqun-91520@163.com