

数字化变电站的间隔层联锁扩建方案研究

胡绍谦¹, 杭剑文², 王文龙¹, 熊慕文¹, 孙勇¹

(1. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102; 2. 无锡供电公司, 江苏 无锡 214061)

摘要: 介绍了数字化变电站间隔层联锁的实现方法, 可以完成面向全站的联锁功能。变电站新建间隔的联锁逻辑可能需要已运行间隔的状态参加运算, 同时扩建也可能带来已运行间隔联锁逻辑的更新。分析了变电站扩建对间隔层联锁的影响, 包括检修、试验等情况下对间隔层联锁的要求。提出了针对变电站扩建的间隔层联锁方案, 利用在间隔层装置增加软压板和软件模拟的方法来实现, 可以解决扩建导致的间隔层联锁调试及安全性问题。

关键词: GOOSE; 间隔层联锁; 扩建

Research of interlocking within or between bays on an expanded digital substation

HU Shao-qian¹, HANG Jian-wen², WANG Wen-long¹, XIONG Mu-wen¹, SUN Yong¹

(1. Nanjing NARI-Relays Electric, Co.Ltd, Nanjing 211102, China; 2. Wuxi Power Supply Company, Wuxi 214061, China)

Abstract: The implementation method of interlocking within or between bays are introduced. It can meet interlocking functions on whole substation level. Once substations need expansion, new bays will be involved in the whole interlocking, the bay running devices have to update its interlocking logic too. When one bay is under maintenance or testing, bay interlocking will be influenced. The paper puts forward to one solution on bay interlocking for substation expansion, which is realized by adding soft platen in device and software simulatin. This solution can minimize the influence on bay interlocking when substation expansion, and can meet the maintenance and test requirement.

Key words: GOOSE; interlocking within or between bays; substation expansion

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)11-0109-04

0 引言

为保证电力系统安全、稳定、可靠运行, 防止对运行设备进行误操作, 电力系统明确提出了防误闭锁的要求, 变电站内防误闭锁目前主要存在几种形式: 机械程序锁、一次设备电气回路联锁、微机五防系统, 其中微机五防和电气联锁相结合的方式用的比较多。随着一次设备智能化和二次设备网络化的程度越来越高, 目前有另外一种形式的防误闭锁方式正得到广泛的应用^[1-3], 即间隔层联锁。

数字化变电站标准 IEC61850 中, 变电站自动化系统在逻辑上被分为三层, 分别为站控层、间隔层和过程层^[4]。变电站自动化系统在不同层次完成相应功能。随着 IEC61850 规范的应用, 也带来了许多关于变电站防误闭锁的新方法^[5]。本文所述的间隔层联锁即工作在间隔层设备之间, 由间隔层设备完成联锁所需信号的发送、接收和逻辑运算, 从而闭锁或开放相应的操作。间隔层联锁最大的特点

就是在间隔层实现全站级的联锁逻辑运算, 间隔层设备之间可以交换信息。站内监控后台对一次设备的操作可以一键完成, 取消与目前常用五防逻辑的交互过程, 缩短操作时间。这种优点同样也体现在远动机对站内设备的操作上。这种方式下可以取消站控层的五防主机, 简化站内五防结构。在某些程序化操作变电站, 程序化操作完全由间隔层设备实现, 开关刀闸的顺序操作由监控后台或调度主站按设备态之间的转换一键完成^[6-7], 间隔层联锁方式成为了必然之选。

变电站一般都需要扩建, 新增间隔也需要增加联锁逻辑, 新增间隔联锁逻辑可能需要已带电运行间隔的信号参加运算, 比如新增线路间隔开关分、合联锁逻辑需要母线间隔接地刀闸位置, 但母线处于运行状态, 地刀不具备通信传动条件, 因此新增间隔逻辑正确与否就不能得到验证, 联锁的正确性就得不到保证。同样, 变电站本期投运间隔的联锁逻辑中也要考虑以后可能要扩建间隔的信号。因此

可靠而方便的间隔层联锁逻辑的运行和调试方案是十分必要的。

1 间隔层联锁的实现

传统的微机五防系统，在站控层设有五防主机（也可以与监控后台工作在一台电脑上），联锁逻辑由五防主机根据监控后台采到的各间隔装置的数据完成计算，闭锁或开放监控后台的遥控操作。而间隔层联锁的功能由间隔层设备来完成，一般由各间隔的测控装置或保护测控一体化装置来实现。运行调试人员根据已有的联锁逻辑，对间隔层设备进行配置或编程，下载到间隔层设备，由该设备进行联锁逻辑运算，根据运算结果开放或闭锁相应控制对象，同时还可以提示用户联锁运算结果或出错信息。

间隔测控装置所实现的联锁功能中，输入为本装置开入、模拟量或其他一些数字量；还可能包括间隔层其他装置的信息，比如需要本间隔某保护装置的软压板状态，或需要其他间隔开关或刀闸的状态。输出对本装置控制对象的闭锁与否（允许操作与否）。

对于本装置的所有信息包括开入量、模拟量和数字量等，毫无疑问，都可以取得。要取得其它间隔装置的信息则需要特定的通信来实现。因为传统的变电站自动化系统中，站控层和间隔层采用客户端—服务器端模式进行通信，间隔层设备之间按功能分开，各负其责，并无信息交互。随着 IEC 61850 规约的应用，这种通信模式有了改变。其中的 GOOSE 机制提供了一种间隔层设备之间信息交换的通信方式^[8]。利用 GOOSE 机制，每一个测控装置可以收到网络上的所有间隔层设备的状态量和模拟量。如此，则间隔层联锁可以象站控层五防系统一样实现变电站级所有装置之间的联锁逻辑，图 1 为间隔层通信示意图。

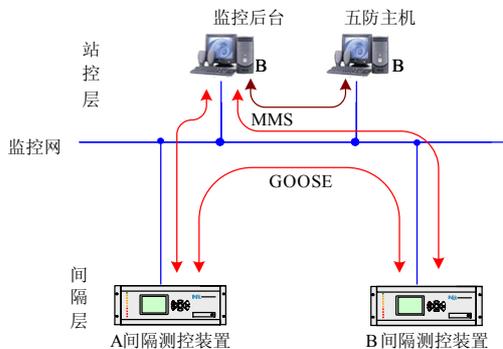


图 1 间隔层设备联锁通信图

Fig.1 Network frame of bay interlocking

取消了站控层五防主机的间隔层联锁，是一种分布式结构，站内联锁逻辑数据的采集、解析和运算下放在各间隔层装置实现，信息传输完全在站内监控网或过程层网上完成，由于联锁逻辑的实时性和可靠性要求，对 GOOSE 的实现，通信网络架构的研究等方面提出了要求^[9-11]。

2 扩建间隔对间隔层联锁的影响

间隔层联锁的实现以间隔为单位，在间隔层装置中实现，可以分为三种间隔类型：变压器间隔（包括变压器的高、中、低 3 侧）；母线间隔；线路、电容器、电抗器间隔（以下简称线路间隔）^[9-10]。对于间隔层联锁逻辑，三种间隔装置之间有相互关联。以扩建一个线路间隔为例，则新的线路间隔联锁逻辑需要母线间隔、变压器间隔的信号（如开关、刀闸状态）参与运算，该联锁逻辑的调试需要所有涉及到的信号包括正在运行间隔信号参与，以验证联锁逻辑的正确性。同样，由于新增了线路间隔，母线间隔联锁逻辑需要修改，增加新闻隔的开关、刀闸状态参与逻辑运算。在有旁母的变电站中，母线上的任意线路间隔母线隔离刀闸的合闸逻辑需要其他所有线路间隔的母线隔离刀闸状态，以保证同时只有一条线路运行在旁母上。因此，由于间隔层设备之间的信号关联，变电站扩建间隔不可避免地会对间隔层的联锁带来影响。

现以 220 kV 变电站中 110 kV 电压等级线路和母线间隔为例，说明开关、刀闸联锁逻辑，及不同间隔联锁信号的关联，如表 1，接线图见图 2。

表 1 联锁逻辑示例

Tab.1 Logic example

	名称	分合规则
931 光柏 线间隔	931 开关	无规则
	9311 刀闸	931 开关=分；9312 刀闸=分；9317 地刀=分；9318 地刀=分；90157 地刀=分 或 9312 刀闸=合；900 开关=合；9001 刀闸=合；9002 刀闸=合；9317 地刀=分；9318 地刀=分；90157 地刀=分； (母线热倒情况)
	9312 刀闸	同 9311 刀闸
母线间隔	90157 I 段 母线地刀	9001 刀闸=分；9311 刀闸=分；以及其他所有 I 段母线上的刀闸都为分
	90258 II 段 母线地刀	9002 刀闸=分；9312 刀闸=分；以及其他所有 II 段母线上的刀闸都为分

从表1逻辑可以总结出, 每个线路间隔开关、刀闸的分合逻辑, 除需要本间隔开关、刀闸状态外, 还需要母线间隔的地刀位置, 在热倒时还需要母联间隔的开关、刀闸状态。母线间隔的地刀分合逻辑则需要所有线路间隔的刀闸状态。

当变电站扩建线路间隔时, 母线地刀的分合逻辑必然需要修改, 加入待扩建间隔的刀闸状态。同时, 修改后的母线间隔联锁逻辑则需要重新调试其正确性。对于带电运行的线路间隔, 其开关刀闸不能随意传动。考虑到这些因素, 应该采取一种方法对新增加间隔和新修改间隔的逻辑进行验证。把扩建给间隔层联锁带来的影响降到最低。

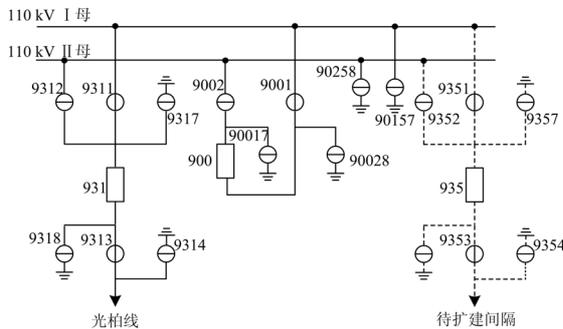


图2 110 kV 电压等级联锁逻辑图

Fig.2 110 kV interlocking network topology

3 扩建间隔的解决方案

间隔层联锁是由间隔设备, 主要是间隔测控装置来完成的, 对于每一个间隔, 本间隔开关刀闸状态可以直接取到, 跨间隔信号则需要 GOOSE 传送。待扩建间隔或检修间隔的开关刀闸状态是没有办法在 GOOSE 网上传送的(因为可能没有装置或者装置没有上电), 这就要求需求侧测控装置进行处理, 即接收方处理。另一方面, 对于扩建间隔的联锁逻辑的调试、正确性验证需要其它已运行间隔通信传动或其他处理, 即发送方处理。

3.1 发送端处理

为验证其它间隔联锁逻辑的正确性, 对已带电运行间隔作开关刀闸传动是不可能的, 可以采用模拟发送的办法来达到验证逻辑的目的。模拟发送有两种方式。

其一, 软件模拟, 在站控层的以太网上模拟带电间隔的测控装置, 发送逻辑验证所需的 GOOSE 报文。为了使接收方测控装置能够接收, 发送的 GOOSE 报文必须和实际装置发送的报文一致, 包括 GoCBRef、AppID、DatSet、numDatSetEntries 等信息^[5]。

其二, 测控装置自带模拟发送功能, 通过本地

人工置数或从监控后台对装置进行替代操作, 使测控装置可以不发真实值, 而是模拟发送接收方所需值。

第一种方案需要专门 GOOSE 发送软件, 并且需要专门配置, 还可能给网络带来不确定负荷。第二种方案则不需要作特殊配置, 但是要求测控装置具有模拟发送功能。因此第二种方案调试更加方便, 给监控网络带来的风险也小。建议采用。

3.2 接收端处理

在图2中, 母线间隔的接地刀闸分合逻辑需要所有线路间隔的开关、刀闸状态。一般情况下, 变电站建设会分几期建成, 所以, 待建线路间隔的开关、刀闸状态母线测控装置是不能得到的。目前的作法是, 待建间隔的状态不参与母线接地刀闸的联锁逻辑运算, 新闻隔扩建后, 再对母线接地刀闸重新修改联锁逻辑, 下载到装置运行。逻辑的修改需要重新验证其正确性。即便发送方可以模拟各种开关刀闸状态, 也增加了很大的工作量。因此, 推荐联锁逻辑中引入所有可能用到的状态量, 包括待建间隔。由装置运算时进行处理。处理方式也有两种方案。

其一, 用软压板的方式, 输入端装置对公式进行处理, 自动修改联锁逻辑, 对于待扩建间隔或检修间隔的开关、刀闸信息不参加逻辑运算。这种方式与母差保护中的线路投入、退出软压板的功能相似。

其二, 接收方装置进行人工置数, 对逻辑中属于待扩间隔或检修间隔的状态强制置成一个值, 一般对于待扩建间隔, 开关刀闸状态置为分, 电压电流值置为0。

这种方法, 扩建新闻隔, 不需要修改已运行间隔联锁逻辑, 只需要开放某些软压板或进行人工置数即可, 安全性较高。

3.3 简便配置及调试的方法

间隔层联锁最大的特点就是联锁逻辑由间隔层测控装置完成, 包括联锁配置文件的解析, 联锁逻辑的运算, 联锁结果的输出, 联锁过程错误提示都由间隔层的装置来完成。间隔层装置一般有一个独立的 GOOSE 配置, 实现接收的 GOOSE 信息与联锁变量的关联。GOOSE 信息的配置常见的是在 SCD 文件配置中完成。目前多数制造商的产品对于联锁所需要的 GOOSE 变量都是需要另外单独配置一个 GOOSE 文本来完成, 在每个装置的 GOOSE 文本中, 包括该装置发送的 GOOSE 信息和需要接收的 GOOSE 的变量与本装置内部变量的关联信息。配置工作繁杂, 更新配置后需要重启装置。

IEC61850 标准中对于 GOOSE 的服务定义中有一种 getGOOSEElementNumber 的服务^[6], 可以应用在联锁的 GOOSE 配置中。标准中 GOOSE 采用的是发布、订阅机制, 订阅者可以采用 getGOOSEElementNumber 服务, 获得所需发送方 DATA-SET 内所有成员的位置。应用 getGOOSEElementNumber 服务可以取消表示联锁变量与外部 GOOSE 变量关联关系的额外的配置文本, 由装置通过通信实现关联也提高了配置的可靠性。如果发送方发送 DATA-SET 的内容改变, 比如增加条目, GOOSE 信息中 ConfRev 改变, 接收方重新启动 getGOOSEElementNumber 获取联锁变量在 GOOSE 信息的条目号。

有些情况下, 联锁所需跨间隔信息可能不在发布方的 DATA-SET 中, 发布方在收到 getGOOSEElementNumber 请求服务后, 自动在发送 DATA-SET 上增加该条目, 同时改变 GOOSE 发送的 ConfRev。这样作可以更大程度上简化配置工作。

经过实践证明, getGOOSEElementNumber 服务的应用和自动修改 DATA-SET 服务的应用, 可以取消 GOOSE 变量与本地联锁变量的关联配置工作, 提高间隔层联锁的可靠性, 简化调试工作。

4 结语

某种程度上, 间隔层联锁可以替代目前常用的站内五防机系统。特别是在取消五防主机的程序化操作变电站^[7-8], 变电站防误闭锁逻辑在扩建时不可避免地需要增加或修改逻辑, 本文面向全站提出了一种系统的解决方案, 同时解决了扩建时的联锁调试问题, 可以大大提高联锁逻辑的可靠性。广东 220 kV 三乡数字化变电站的扩建工程就采用了该方案, 效果良好。

参考文献

- [1] 孙一民, 侯林, 揭萍, 等. 间隔层保护测控装置防误操作实现方法[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (11): 81-85.
SUN Yi-min, HOU Lin, JIE Ping, et al. Implementation of mal-operation proof on platforms of relay and control unit between bays[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (11): 81-85.
- [2] 刘念, 段斌, 肖红光, 等. 电力操作在线闭锁方法及其实现模式[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(23): 58-63.
LIU Nian, DUAN Bin, XIAO Hong-guang, et al. On-line interlocking of substation automation and its mode of implementation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (23): 58-63.
- [3] 王光. 变电站网络型防误闭锁系统设计[D]. 吉林: 东北电力大学, 2008.
- [4] Communication networks and systems in substations, part 1: introduction and overview[Z].2003.
- [5] 唐成虹, 宋斌, 胡国. 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. A new electric anti-maloperation system based on IEC61850 standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33 (5): 96-99.
- [6] 王文龙, 刘音, 代小翔. 程序化操作变电站扩建问题探讨[J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (7): 86-89.
WANG Wen-long, LIU Yin, DAI Xiao-xiang. Influence of sequential operation on an expanded substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 33 (7): 86-89.
- [7] 王文龙, 胡绍谦, 汤震宇. 程序化操作在变电站中实现的几个关键问题[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(22): 66-68.
WANG Wen-long, HU Shao-qian, TANG Zhen-yu. Some key issues in implementing sequence control in substation automation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32 (22): 66-68.
- [8] Communication networks and systems in substations, Part7-2: basic communication structure for substations and feeder equipment-abstract communication service interface (ACSI) [Z].2003.
- [9] 徐成斌, 孙一民. 数字化变电站过程层 GOOSE 通信方案[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (19): 91-94.
XU Cheng-bin, SUN Yi-min. A communication solution of process layer GOOSE in digital substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31 (19): 91-94.
- [10] 辛建波, 上官贴. 数字化变电站的分布式联锁功能安全性研究[J]. 电力自动化设备, 2007, 27 (6): 99-103.
XIN Jian-bo, SHANG GUAN Tie. Safety of distributed interlock function in digital substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27 (6): 99-103.
- [11] 王松, 陆承宇. 数字化变电站继电保护的 GOOSE 网络方案[J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (3): 51-54.
WANG Song, LU Cheng-yu. A GOOSE network scheme for relay protection in digitized substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 33 (3): 51-54.

收稿日期: 2009-07-23; 修回日期: 2009-08-19

作者简介:

胡绍谦(1978-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为变电站自动化系统, IEC61850 协议相关产品的开发工作;

E-mail: husq@nari-relays.com

杭剑文(1976-), 男, 硕士, 工程师, 从事电力系统自动化工作;

王文龙(1973-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为变电站自动化系统、数字化变电站技术、IEC61850 及其支撑协议。