关于变电站五防闭锁装置的探讨

刘雪飞[1], 刘国亮[2]

（1. 天津市电力公司高压供电公司继电保护管理所，天津 300250;
2. 甘肃省定西供电公司调度通信中心，甘肃 定西 743000）

摘要：防误闭锁装置是变电站重要的组成部分之一。阐述了变电站对五防闭锁装置的基本要求，分析了传统防误闭锁装置的优缺点。介绍了利用变电站综合自动化系统的间隔层测控装置，实现间隔层五防闭锁的方案。提出了多种方法相结合的综合防误系统。

关键词：防误闭锁；变电站综合自动化；微机五防

A discussion on miss operation blocking device in substation

LIU Xue-fei[1], LIU Guo-liang[2]

(1.Relay Protection Management Station, High Voltage Power Supply Company, Tianjin Electric Power Corporation, Tianjin 300250 ,China; 2.Electric Power Dispatch and Communication Center of Dingxi Power Supply Company, Gansu Electric Power Corporation, Dingxi 743000, China)

Abstract: Miss operation blocking device is one of the most important parts of substations. This paper describes the essential request on miss operation blocking device. The advantages and disadvantages of the traditional installations are analyzed in this paper. It also introduces that the implementation of miss operation blocking within or between bays by using measure and control units. A competitive miss operation blocking system is proposed by using mixed methods.

Key words: miss operation blocking; substation automation; microcomputer proof

中图分类号： TM63　　文献标识码： B　　文章编号： 1674-3415(2008)19-0077-04

0 引言

电力生产中,电气误操作事故是电力系统频发性事故之一，能造成设备损坏、大面积停电和人身伤亡等重大事故。为了确保电力系统安全稳定运行，避免各类误操作事故的发生，必须实施防误闭锁及相关组织管理手段。从误操作的过程来看，认为误操作由三部分组成，即运行值班人员、检修人员及其它人员的误操作，还有因操作二次回路绝缘损坏造成的恶性事故[1]。目前主要应用的各种闭锁方案是：机械闭锁、电气回路闭锁、微机五防闭锁和间隔层防误闭锁。

1 防误闭锁的原则和主要内容

1.1 国家法规和规定

电力系统历来十分重视系统的安全运行，但是每年总会发生因电气误操作而导致的各类事故，造成了不必要的损失。为了有效防止运行电气设备误操作引发的人身和重大设备事故，我国早在 1990 年就提出了电气设备“五防”的要求，并以法规的形式规定了防误装置的管理、运行、设计和使用原则。按照规定，防误装置的设计原则是：凡有可能引起误操作的高压电气设备，均应装设防误装置和相应的电气闭锁回路。

国家电力公司 2000 年发布的《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》的第二章“防止电气误操作事故”第 2.5 条明确规定：采用计算机监控系统时，远方、就地操作，均应具备防误闭锁功能。

1.2 “五防”主要内容

防止带负荷分、合隔离开关；带电挂（合）地线（接地刀闸）；防止带接地线（接地刀闸）合断路器（隔离开关）；防止误入带电间隔；防止误分、合断路器。用技术措施防止以上五种恶性误操作，通常简称“五防”。

2　目前主要应用的闭锁系统分析

2.1 机械闭锁

对于成套的高压开关设备应优先采用机械闭锁，对于敞开式设计的变电站，机械闭锁仅限于刀闸与接地刀闸之间的闭锁，其可靠性一般较高。

2.2 电气防误闭锁

电气防误闭锁是建立在二次操作回路上的一种防误功能。一般通过在操作回路上串入断路器和刀闸的辅助触点来实现闭锁功能。理论上电气联锁逻辑比较可靠，但是实际使用中存在很多严重的问题，如下：

1) 断路器、刀闸等设备提供的辅助触点有限且不同电压等级间的联系很不方便，相关闭锁回路设计出现多余闭锁或者闭锁不到的情况。

2) 电气防误闭锁的实现需要接入大量二次电缆，接线方式较为复杂，运行维护较为困难，且运行中存在开关辅助触点工作不可靠的问题。

3) 电气闭锁防误功能随二次接线而定，不易增加和修改。

4) 电气闭锁只能防止断路器、刀闸和接地刀闸的误操作，对误入带电间隔，接地线的挂接（拆除）等则无能为力，不能实现完整的五防功能。

2.3 微机五防闭锁[2~4]

微机五防是一种采用计算机技术，用于高压开关设备防止电气误操作的装置。通常主要由主机、模拟屏、电脑钥匙、机械编码锁和电气编码锁等功能元件组成。依靠闭锁逻辑和现场锁具实现对断路器、刀闸、接地刀闸、地线、遮拦、网门或开关柜门的闭锁。

微机五防闭锁可以根据现场实际情况编写相应的“五防”程序，可以实现较为完整的“五防”功能。目前微机五防存在的问题及其解决方法如下：

2.3.1 对变电站内二次设备的操作没有可行的防误解决办法

保护压板投切、分合直流操作电源、PT 二次并列等二次操作无法进行防误操作逻辑判断，无法闭锁二次压板的误投、误切；二次电源开关的误分、误合。

解决方法：可以在直流电源、保护压板、开关位置等原来属于空操作但需要控制的地方做一些编码锁，这些编码锁不参与操作逻辑规则，但不可以跳过，需要在编码锁上对位后才可以执行下一项，在对位的同时，设计上还可以让电脑钥匙发出语音提示，表示操作的正确性。

2.3.2 特殊运行方式下，防误操作逻辑存在冲突

例如正常情况下要分合旁路刀闸时，必须先将旁母开关断开；如果再合上一把旁路刀闸，进行等电位操作，此时的旁母开关必须再合位。这两种情况下，对旁路刀闸的操作判断逻辑是冲突的。再例如，双母线分段带旁路的主接线情况下，当要断开母分刀闸时，必须其中一段母线上所有的开关在分位才可以断；而如果此时旁母开关做母联开关合环运行也是可以操作母分刀闸的。这两种情况下，对母分刀闸的操作判断逻辑也是冲突的。

解决方法：可以将一个开关做成两种判断逻辑，相当于保护不同的定值区域，有运行人员根据运行方式的变化来切换判断逻辑。

2.3.3 操作不到位的设备不能重复操作

在实际操作中，规定运行人员在操作后应检查设备的操作是否到位，一些运行时间较长的设备常会出现一次操作不到位的现象，需要重新操作使设备到位。微机防误的电脑钥匙一般采用前一项操作完成后即指向下一项操作的方式，不能重复前一项操作内容，否则视为误操作。在正常情况下，这种方式给操作人员带来了方便，但对设备的重复操作，带来了较大困难。大多数情况下只能利用紧急解锁钥匙来进行设备的重复操作。

解决方法：在微机防误装置上增加“允许设备重复操作”功能。当提示操作与实际操作不符时，如判别当前被操作设备为已执行过的前一项操作项时，则给出提示信息，指出当前设备的操作已经被执行，以便操作人员确定是否需要进行设备的重新操作，“是”则将指示指向前一项操作项以便对其进行重新操作。在重新操作条件下，设备或多或少存在一定的问题，在操作完成后，不立即指向下一项操作，而是由操作人员通过人机对话的方式确认此项操作确已完成，才可以将设备闭锁，并提示下一项操作的内容，以便操作人员对该设备进行多次重复操作，直到此设备操作到位为止。

2.3.4 多个操作任务无法同时输入电脑钥匙

例如某无人值守变电站的主变停电操作，其高压侧、中压侧、低压侧的倒闸操作可以同时进行。但是五防主机一次只能给出一个操作任务，电脑钥匙也只能存储一个操作任务，只能完成一个任务后再输入新的任务，不能发挥几个操作组同时操作以缩短操作时间的优势。

解决方法：需要厂家修改自己的软件系统，使多个互不相干的操作任务可以同时下达到电脑钥匙，同时需要增加电脑钥匙的数量以配合多个操作组进行多个独立的操作项目。

2.3.5 装拆地线的操作不能用微机五防严格闭锁

运行人员操作时要做到三核对，即核对设备名称、编号和位置，而微机五防模拟盘上只有接地点、接地线，却没有地线编号。地线上没有编码锁，电脑钥匙中也没有地线编码锁编号，更不存在电脑钥匙与地线编码锁对应位置的开、闭锁操作。因此，不能确保防止带电挂接地线的误操作。

解决方法：需要厂家修改软件系统，在逻辑判断中加入对地线编号的识别，同时在地线上增加五防编码锁，使地线的装拆严格纳入五防的管理范围。

2.3.6 微机五防的非在线性

例如手持电脑钥匙操作期间，因设备自动保护、远方操作等原因致使相关设备状态发生变化时，由于电脑钥匙无法及时获得设备变位信息，故仍会继续允许进行设备操作，从而不能有效防止误操作事故的发生。

解决方法：需要引入间隔层防误闭锁以解决微机五防非在线性的缺点。

3　间隔层防误闭锁[5~7]

目前在实现了综合自动化的变电站中，大都没有在间隔层得空装置中配置任何五防闭锁功能。在变电站集控中心或调度远方操作变电站的断路器和电动刀闸时，如果远方操作员站没有五防闭锁功能，将很容易引起误操作。此外站控层实时数据库中开关、刀闸等操作机构的位置信号从实际传到后台数据库，需要经历多个通信环节的影响，很难始终保持较高的实时性。在间隔层测控装置中实现防误操作最突出的特点就是实时性，在间隔层再加一层防护措施将更安全可靠。

间隔层防误闭锁分为间隔内闭锁和间隔间联锁，间隔内闭锁因为实时库就在装置本地而变得相当简单，间隔间联锁的信息一部分来源于装置本地，另一部分源于联锁装置。保证联锁装置信息的实时性，是间隔层防误闭锁的重点。

间隔层装置间相互通信获取联锁实时信息，这是系统对间隔层测控装置提出的全新要求。显然通信在间隔层防误中扮演极其重要的角色，所以间隔层的网络应该是高速以太网，测控装置应该作为独立的以太网节点接入以太网。

装置联锁信息的获得方法有两种，一种是定时巡检，另一种是实时查询。定时巡检实现起来比较容易，但是为了保证实时性，巡检周期不能太长，这就增加了现场网络的负荷。实时查询是在遥控选择命令到达后启动联锁通信，所面临的问题是能否及时发送遥控返校信息。也可以采用两者相结合的方法，即巡检＋实时查询。网络中各个测控装置定时向其它测控装置广播本间隔的位置信号，时间间隔可以是十几分钟或几十分钟。当遥控命令到达后，测控装置启动联锁，在上一次广播到现在发生过位置变位的联锁间隔需要建立通信以获得最新的位置信息，其它未发生变位的测控间隔只需给出一个未发生变位的确认即可。这样可以大大减少联锁信息获得所需要的时间。此外，也可以通过建立联锁专用的通信网络来减少联锁通信给网络带来的高负荷，同时也减少了联锁通信息获得所需要的通信时间。

间隔层联锁存在的问题主要是变电站投运后，在变电站扩建、测控单元软件升级、测控单元异常处理后，受现场运行条件的限制，难以对测控单元的闭锁关系进行完整的验收。这一方面需要在变电站基建过程中进行详尽的验收，确保闭锁逻辑的重要性；另一方面，可以考虑解决间隔层的闭锁逻辑验收问题，比如在测控单元间隔层增加一台可以进行模拟操作的工控机，专门用于校验间隔层闭锁逻辑的正确性。

4　结论

在实现了综合自动化的变电站，全站共应设计四层防误闭锁，根据操作方式不同，产生效力的闭锁方法不同，它们分别是：站控层微机五防逻辑闭锁，间隔层测控装置逻辑闭锁，本间隔不完全电气闭锁和刀闸与地刀的机械闭锁。

操作时站控层软件对库内实时遥信信息进行逻辑计算，当满足五防条件时，相应的遥控命令才能下达，否则，将拒绝下达命令并弹出不满足五防条件的信息，它所实现的闭锁逻辑是完整、独立的。类似的，操作时间隔层测控单元对采集的遥信信息也进行逻辑计算，当五防条件满足时，其控制的闭锁触点闭合，操作才可以进行。当闭锁条件中涉及其它测控单元的信息时，测控装置间相互通信以获取最新的联锁信息，所以它所实现的闭锁逻辑也是完全的。同时，间隔层防误的实现，也满足了集控中心对变电站设备操作的五防要求。

电气防误闭锁只接入了本单元或本间隔的开关、刀闸的辅助触点，所以实现的闭锁是不完全的。

刀闸与地刀之间的机械闭锁是必须的，是防止恶性误操作的最后防线。

此外，刀闸手动操作时，应该考虑无论“远方/就地”切换开关在什么位置，都要使间隔层闭锁、电气闭锁和机械闭锁发挥作用，否则还是有发生误操作的可能性。

参考文献

[1] 顾拥军, 皮卫华, 杨承胜, 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.

[2] 王玉秋. 微机防误装置的改进[J]. 电力自动化设备, 2000, 20(4):45-46.
WANG Yu-qiu. Propositions to Microcomputer Misoperation-Prevent Device[J]. Electric Power Automation Equipment, 2000, 20(4):45-46.

[3] 王晴. 微机防误闭锁装置运行分析与探讨[J]. 中国电力, 1996, 29(1):62-64, 70.
WANG Qing. Analysis and Discussion on Microcomputer Based Anti-maloperate Blocking Device[J]. Electric Power, 1996, 29(1): 62-64, 70.

[4] 徐明. 220kV 变电站无人值班改造中相关技术问题的探讨[J]. 继电器, 2005, 33(1):73-76.
XU Ming. Discussion on the Technical Problems for 220kV Unattended Modification[J]. Relay, 2005, 33(1):73-76.

[5] 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 Units between Bays[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(11):81-85.

[6] 周敬嵩, 周敬尧. 一种新型变电站防误系统的设计[J]. 继电器, 2005, 33(22):72-74.
ZHOU Jing-song, ZHOU Jing-yao. A New Design of Substation Preventing Wrong Operation System[J]. Relay, 2005, 33(22):72-74.

[7] 陈志军, 李剑刚, 高宏伟. 500kV 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 500kV Comprehensive Automatic Substation[J]. Relay, 2006,34(18): 69-71.

收稿日期：2007-12-11；　　修回日期：2008-03-24

作者简介：

刘雪飞(1982-)，男，大学本科，主要从事电力系统自动化设备的运行和维护工作；E-mail:liuxuefei2000@163.com

刘国亮(1981-)，男，大学本科，主要从事电力系统自动化设备的运行和维护工作。

（上接第 74 页　continued from page 74）

HUANG Ying, XU Zheng, HE Hui. HVDC Models of PSS/E and Their Applicatbility in Simulations[J]. Power System Technology, 2004,28(5).

[6] 艾琳,陈为化. 高压直流输电线路保护的探讨[J]. 继电器, 2004,32(4).
AI Lin, CHEN Wei-hua. Discussion on Line Protection of HVDC Transmission Line[J]. Relay, 2004,32(4).

[7] 董新洲,葛耀中,贺家李,等. 输电线路行波保护的现状与展望[J]. 电力系统自动化,2000,24(10).
DONG Xin-zhou, GE Yao-zhong, HE Jia-li, et al. Status Quo and Prospect of Travelling Waves Protection of Transmission Lines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000,24(10).

收稿日期：2007-12-25；　　修回日期：2008-02-18

作者简介：

邓本飞（1972-），男，工程师，学士，主要从事高压直流输电系统运行维护管理工作。E-mail:dengbenfei@163.com

（上接第 76 页　continued from page 76）

2.3 解决办法

把南瑞 RCS931A 保护屏单跳及三跳启动重合闸错位的二次线互换，经南瑞、四方保护及 5042 断路器保护电流回路串联起来模拟各种短路故障，保护均正确动作出口。

3 结语

相隔一年，两起同样事故，都是 5042 断路器在线路单相瞬时接地故障时未重合，都是二次回路接线错误。由此可知，我们一方面要加强二次回路设计的审查工作，以及基建或改造工程的验收工作，防止将重大遗留缺陷带入运行，给电网的安全稳定运行带来隐患；另外，作为运行单位，以模拟实际故障为出发点，针对不同设备的二次回路特点，制定更加合理的超高压变电站二次回路检验方法尤为重要，可以在投运验收和定检测试中最大限度地避免出现检测死角。

参考文献

[1] DL/T 995-2006, 继电保护和电网安全自动装置检验规程[S].

[2] 四方公司 CSI 121A 数字式重合闸及断路器控制装置使用说明书 V3.00 200207[Z].

收稿日期：2007-12-27

作者简介：

吴　珂（1974-），男，工程师，本科，长期从事继电保护维护、检修及技术管理工作；E_mail:wukecc@126.com

彭淑明（1973-），男，工程师，大专，长期从事继电保护维护、检修及技术管理工作。