

变电站防误闭锁应用分析

顾拥军¹, 皮卫华¹, 杨乘胜¹, 邵能灵²

(1 国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 210003; 2 上海交通大学电气工程系, 上海 200030)

摘要: 从变电站防误闭锁的实际应用出发, 介绍了电气回路联锁、微机五防系统和自动化系统内的防误闭锁三类防误闭锁方式。分析了各自的特点及实现方法, 指出应该根据管理方式、操作习惯等多方面的因素来选用不同方式的防误闭锁。

关键词: 防误闭锁; 变电站自动化系统; 微机五防系统

中图分类号: TM76 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2005)02-0066-05

0 引言

电力生产中, 为确保变电站的安全运行, 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。在形式各异的闭锁中, 有最简单的挂锁, 以及机械程序锁、电气回路联锁、微机五防系统、自动化系统内的防误闭锁。其中最简单的挂锁操作麻烦且过于原始; 成套高压设备(如 10 kV 手车断路器等)的机械联锁是较为可靠的, 但其闭锁的范围有限; 机械程序锁存在着“空走程序”等问题。本文介绍了电气回路联锁、微机五防系统和自动化系统内的防误闭锁三类防误闭锁方式。

1 防误闭锁的内容和原则

1.1 相关法规及规定

电力系统历来十分重视系统的安全运行, 但每年总会发生因电气误操作而导致的各类事故, 造成了许多不必要的损失; 为此, 原水利电力部于 1980 年将防止电气误操作事故列为电力生产急需解决的重大技术问题。

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, 我国电力系统早在 1990 年就提出了电气设备“五防”的要求, 并以法规形式^[1]行文规定了电气防误的管理、运行、设计和使用原则。按“规定”, 防误装置的设计应遵循的原则是: 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防误电气闭锁回路。从这个原则出发, 提出了“五防”规定。

国电公司 2000 年发布的《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》^[2]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 防误闭锁的内容(简称“五防”)

防止误分、合断路器。防止带负荷分、合隔离开关。防止带电挂(合)接地线(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。

1.3 防误闭锁的原则

防误闭锁装置的结构应简单、可靠, 操作维护方便, 尽可能不增加正常操作和事故的复杂性。

电磁锁采用间隙式原理, 锁栓能自动复位。成套的高压开关设备应优先选用机械联锁防误。防误装置应设有解锁工具(钥匙)。防误装置应不影响开关设备的主要技术性能。防误装置应做到防尘、防异物、防锈、不卡涩。户外的防误装置还应有防水、防潮、防霉的措施。“五防”中除防止误分、误合断路器可采用提示性的设施外, 其它“四防”应采用强制性措施。

2 电气设备防误闭锁技术的发展

微机五防系统是计算机及网络通信技术应用于变电站自动化的结果^[3]。微机防误闭锁系统主要在上层管理软件中实现, 上层管理软件集中智能单元上传的所有设备运行方式及相关数据和信号, 由数据库和知识库(根据运行部门提供的操作原则和典型操作票建立)生成当前任务的操作票, 通过模拟操作后, 再进行实际操作并自动记录, 操作中要核实现场操作者的权限。微机五防系统通过软件将现场大量的二次闭锁回路转换为电脑中的五防闭锁规则库, 实现了防误闭锁的数字化, 并可以实现以往不能实现或者是很难实现的防误功能, 应该说是电气设备防误闭锁技术的飞跃。

微机五防系统用于高压开关设备防止电气误操作。通常主要由主机、电脑钥匙、机械编码锁、电气

编码锁、模拟屏等功能元件组成。微机防误闭锁装置闭锁的设备有四类:开关、刀闸、地线(地线刀闸)、遮栏网门(开关柜门),上述设备是通过微机锁具(电编码锁和机械编码锁)实现闭锁的,对上述设备须由软件编写操作闭锁规则。

微机五防可以从以下两个发展阶段来分析:

早期单一功能的防误系统;

利用和变电站自动化系统通讯提升防误闭锁水平^[4~9]。

2.1 早期单一功能的微机五防系统

基于变电站有人值班,早期的五防系统比较简单,仅仅对手动操作实现了防误闭锁。例如要对某一断路器进行分合闸操作,在相应的操作开关KK处加装一只电气编码锁,即在如图1所示的分合闸回路中串入编码锁接点,只有在操作状态下才由五防系统经过一定的操作规则来解锁,其它时间处于闭锁状态;对于隔离开关、地刀和网门等使用机械编码锁实现。微机五防系统根据运行部门提供的操控原则或典型操作票进行相应的模拟预演和实际操作。

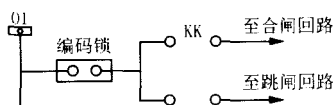


图1 分合闸回路

Fig 1 Trip & close circuit

早期的五防系统由于处于起步阶段,设计比较简单,闭锁逻辑大致与电气联锁相当,基本上停留在“钥匙+锁”的原始模式,还谈不上整体解决方案^[5,6,10~15]。部分产品还存在一些设计缺陷,其普遍表现为:

监视设备的状态量取自模拟屏,客观上模拟屏显示的设备状态真实性不够,即所谓“虚遥信”,而非实时信息;另外,防误闭锁装置运行正常与否不可监控,比如某个电编码锁可能因日晒雨淋损坏,某个隔离开关辅助接点已处于不正常状态;防误闭锁装置及其配套元件的损坏或不正常给正常电气操作带来了不必要的障碍,造成操作时间延长。

系统存在“走空程”问题。现场用电脑钥匙解锁过程中经常会发生锁没有打开,而电脑钥匙的程序却已经走到了下一步的情况,此时只能靠强制解锁;这样实质上“五防”已经形同虚设,根本起不到其应起的作用。

五防功能以操作逻辑为核心,对于无票操作和误碰(主要是检修人员)则有可能防不住。

针对以上的缺点,目前的解决办法(基于有人值班)是:

通过与当地监控系统通讯获得相关设备状态的实时信息;部分信息仍以预置虚遥信的方式获得。

使用双套电脑钥匙或智能防空程锁具。

防误系统开具检修票,电脑钥匙只能对检修的设备进行多次操作试验。

2.2 利用和变电站自动化系统通讯提升防误闭锁水平

随着变电站自动化系统的推广应用,无人值班或少人值守的变电站大量出现。由于微机五防技术的逐步成熟,利用当地监控和微机五防两套系统通讯的方法,可以解决在实施变电站自动化系统过程中出现的以下问题:

早期投入的变电站自动化系统中,当地监控和远方(调度或集控站)的遥控操作并没有经过防误闭锁。由于当时的软硬件技术水平的限制,现阶段普遍使用的测控装置内“间隔电气防误闭锁逻辑”也无法实施;可见,当时的遥控操作不经任何闭锁,只是摆设而已,大部分系统都把遥控功能退出。如果通过通讯将两系统联系起来,遥控操作前先在微机五防系统进行模拟预演操作,模拟预演结束后,五防系统对相关操作点下达软解锁命令,再由当地监控系统按照遥控操作的步骤进行操作;操作结束后,由五防系统下达闭锁操作命令,恢复闭锁。同样,如果实现远方(调度或集控站)遥控操作的防误闭锁,在远方设置相关五防系统即可。

当地监控系统所采集的设备状态信号均来自现场,反映一次设备的实际运行状态。通过通讯将这些实时信息传递给微机五防系统,以保证其防误闭锁的可靠性、有效性。

有些信号如网门、接地线、验电、保险等无法从现场采集,但是当地监控系统和远方又需要监视。此时,可利用微机五防系统将从电脑钥匙上送出的状态信息传递给当地监控系统和远方。

用通讯的方法将两系统联系起来以提升防误闭锁水平的做法经过自动化系统和五防系统生产厂家的共同探索和努力,目前在实际应用中还是比较普遍的。

当然,在一些小型变电站也有将五防软件模块安装在监控系统内的做法;由于两系统还是相对独立的,只是节省了五防主机,所以仍应归结为此类方式。

3 电气回路联锁应用分析

3.1 电气回路联锁的实现方法

电气回路联锁是一种现场电气防误技术,主要通过相关设备的辅助接点的联接来实现电气防误闭锁。这是电气闭锁最简单的形式,闭锁可靠。

在如图 2 所示的双电源进线和联络断路器构成的简单系统中,三只断路器 1CB、2CB、3CB 中只能同时有两只在合闸位置。用图 3 所示的电气联锁回路来实现 3CB 的合闸;1CB、2CB 的合闸联锁可类推。

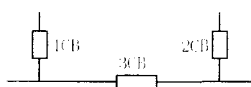


图 2 简单系统

Fig 2 A simple system

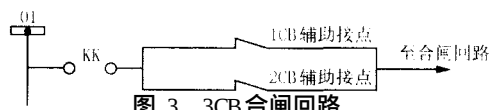


图 3 3CB 合闸回路

Fig 3 Close circuit of 3CB

3.2 电气回路联锁的优点

电气回路联锁是电力系统发展过程中经过不断完善和总结,发展起来的一套行之有效的防误闭锁方法,实现起来方便、可靠。在小型简单系统中使用这种方式是比较可行的。

对于检修人员的误操作(无票操作、误碰设备等),其它形式的防误闭锁可能失去作用,电气回路联锁就成了最后一道防线。

3.3 电气回路联锁的缺点

理论上电气联锁的闭锁逻辑比较可靠和完善。但在实际使用中,设备提供的辅助接点有限且各电压等级间的联系很不方便,相关闭锁回路的设计容易出现多余闭锁或闭锁不到的情况。另外,这种方式需要接入大量的二次电缆,接线方式较为复杂,运行维护较为困难,解锁率高。且在运行中存在刀闸辅助接点不可靠等问题,再者其防误功能随二次接线而定,不易增加和修改,不能实现完全的“五防”。

电气联锁回路一般只能防止断路器、隔离刀和地刀的误操作,对误入带电间隔、接地线的挂接(拆除)等则无能为力。

4 自动化系统内的防误闭锁

从可靠性、管理方式、操作习惯等方面考虑,两

套系统并行运行,起到了兼顾安全性及可操作性运行需求。但是在控制、保护、防误、信号等多个设备界面同时并存时,运行人员往往会感到混乱。特别是在具体操作时,运行人员要在模拟与操作两个系统或两个界面之间重复切换。要简化这些繁琐的操作步骤,势必要将两套系统有机融合而非简单拼凑。

另外,目前使用的防误闭锁系统大多数在硬件设置上或多或少仍保留了模拟屏、电脑钥匙、编码锁、挂锁等配套设备;对硬件设备的依赖性较大,这些配套元器件也增加了变电站的维护量。

充分利用自动化系统所提供的强大硬件、软件环境以及数据信息来有机融合变电站防误闭锁是切实可行的。事实上,断路器、隔离开关位置及相应的模拟量信息等已经采集到监控系统中,利用这些信息和现有的防误逻辑即可实现防误判断,再辅以适当的硬件就能实现防误闭锁。在自动化系统内实现防误闭锁并不是取消五防,而是利用自动化系统的各种技术优势来重新整合防误闭锁方式;当然,利用自动化系统实现变电站防误闭锁应在满足五防系统基本要求基础上做到以下几点:

防误闭锁系统的硬件要尽量少,尤其要避免装设户外安装的辅助元器件,以最大限度地减少防误系统本身的维护量。

防误闭锁系统的硬件及电气设备的辅助触点应随时被自动化系统监视,以保证其防误闭锁的可靠性、有效性。

为电气操作人员设置灵活且安全的操作模式。

为变电站操作人员提供良好的人机界面,操作不符合防误要求时给予提示,防误系统异常时及时报警。

在变电站扩容改造时方便快捷。

这里讲述的自动化系统防误闭锁并不针对有人值班或无人值班。实际上,变电站有人值班时,从目前来看大部分正常的操作是运行人员通过操作员站(当地监控)完成的,而变电站无人值班时的操作是由远方主站来完成的;从控制方式来看,两种操作均属于遥控操作。《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》中明确规定当地监控及远方遥控操作必须具备防误闭锁功能,由于取消了传统意义上的微机五防,防误闭锁全部由自动化系统来实施,其防误闭锁的实现方式多种多样(见下文),但是从防误对象来看不外乎两大类,一是带电动机可遥控操作的设备如断路器、有载调压分接头开关等,这些设

备是正常运行时所需要操作的,一般不需要人员到场,除非遥控操作失才需要人员到场用手动方式紧急操作;二是不带电动机构只能手动操作的设备如地刀等,这些设备需要人员到场才能操作(如检修)。可见对防误对象来说,有人值班和无人值班并无实质区别,只要解决两类设备的防误闭锁即可。

4.1 防误闭锁方式

断路器与部分电动刀闸要求实现遥控操作,其它刀闸要求实现手动操作。隔离开关、地刀的操作较为复杂,对操作闭锁的要求高。操作闭锁包括操作出口的跳合闸闭锁,断路器、隔离开关及地刀相互间的操作闭锁,及键盘操作的权限设置。自动化系统的防误闭锁可以从以下两个层面来实现:

间隔级防误闭锁:利用测控装置本身的逻辑功能完成。为了适应不同的接线方式,不同的闭锁要求,装置带有可编程逻辑功能,可由维护人员方便地设置闭锁逻辑。

间隔间防误闭锁:间隔级防误只能用本间隔的信息来设置相关闭锁逻辑,如果需要使用其它间隔或公用信息来设置相关闭锁即所谓间隔间防误(也可称为系统级防误),目前由两种解决办法:一是在总控单元或前置机内设置专用防误闭锁软件,根据站内所有开关量、模拟量的情况和防误规则实现防误闭锁;二是利用网络和协议(如以太网 TCP/IP)实现测控装置间的信息交换。

间隔层测控装置完成本间隔内设备的防误闭锁,而联锁由间隔间防误来完成;两级闭锁可实现“双重把关”。

为达到简便、便于维护的目的,对于有电动操作机构的设备,在其分合闸回路中串入一个接点(如图4所示,KK也可不设置)即可,此接点受自动化系统防误闭锁逻辑的控制。对于手动机构的设备则外配以电磁锁,电磁锁的开闭则由串入的接点控制,该接点同样受系统级防误闭锁逻辑的控制。使用闭锁接点不仅代替了传统五防系统中的编码锁,而且在操作回路中增加了强制闭锁^[5~8],解决了以往遥控操作只有软闭锁,在发生雷击或程序紊乱等装置自身故障的异常情况下可能导致误出口引起的误操作。

对于该接点的处理,应该以冷备用的方式保证其实时性。也就是该闭锁接点只有在模拟预演结束,由防误系统根据开关量、模拟量的情况和防误规则下达解锁命令后自保持接通输出,但在操作结束后即恢复闭锁。冷备用的优点是工作状态下,串

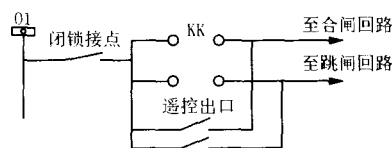


图4 分合闸回路

Fig 4 Trip & close circuit

联在分合闸回路中的闭锁接点处于断电模式,更有效地杜绝了雷击或其它干扰对系统的影响,真正实现了强制闭锁。

这种防误闭锁方式的优点是防误实时性强、维护简便、系统扩充简便;不利因素是对网络依赖性大,但目前网络技术发展成熟,网络可靠性高,这方面的影响微乎其微。

4.2 关于 KK把手

目前实际应用中对断路器的操作仍然保留了强电操作把手 KK,其主要目的有二点,一是为了照顾现场运行人员的操作习惯,沿袭了传统模拟屏装设 KK把手操作的方式;二是考虑监控系统有存在操作失败的可能性。其实,随着变电站无人值班的大量实施及监控系统各方面性能的提高,KK把手的作用已不重要,而且现在变电站内除了断路器可遥控,部分刀闸也可遥控,只对断路器的操作设置 KK也显得牵强;所以正常的操作可全部由遥控来实现,除非紧急情况才需要人员到场用手动方式紧急操作(这也是现在设置区域集控站及操作队的原因);这种情况下只需要对相关现场间隔的网门等设置防误即可。

4.3 紧急解锁功能

在网络故障或事故处理等情况下,防误闭锁系统应支持紧急解锁功能。对断路器和电动刀闸的操作可以用带专用钥匙的切换开关短路闭锁接点;对电磁锁,可利用其本身所配的钥匙解锁。当然,系统还应具备软解锁功能。

4.4 其它设备的防误闭锁

在4.1节中已经对变电站内主要设备实现了防误闭锁。对其它设备可采用如下方式来实现防误闭锁^[4~7]:

35 kV或10 kV断路器应优先选用带有机联锁的成套设备。有些设备如电容器放电地刀和断路器间可考虑使用电气联锁。网门可考虑使用电磁锁。人工挂接地线应加入闭锁逻辑并有相应画面显示;有些地方如主变各侧可增加接地锁。

总之,自动化系统防误闭锁取消了传统意义上

的模拟屏、智能钥匙、挂锁等硬件设施,极大地减少了硬件维护量;但对相关一次设备也提出了更高的要求。在兼顾使用习惯的情况下,如何利用自动化系统的技术优势来实现防误闭锁,尽量简化硬件配置以最大限度地减轻运行维护量已经被提到议事日程上来。从国内已经使用和正在实施此类防误闭锁方式的变电站来看,效果还是比较明显的。

5 结论

从目前实际应用的变电站防误闭锁来看,微机五防+变电站自动化(间隔级防误)的方式还是在大量使用的。这种方式对测控装置来说保留强电操作把手KK外加电编码锁(如图3)只是解决了手动操作的强制防误,对当地监控遥控操作只能实现软闭锁;另外这种防误方式的致命弱点是远方主站操作如要实现防误就必须在主站端设置相应微机五防系统,增加了投资和系统的复杂性。文献[3]中提及在站内增设遥控闭锁继电器,同时在主站端增设防误系统,解决了遥控操作的强制闭锁问题,但从系统结构来看明显增加了复杂性。而本文中简述的自动化系统防误将这些任务全部由间隔层来解决,系统结构简单清晰,优势明显,显然是变电站防误的发展方向。

参考文献:

- [1] 能源安保[1990]1110号文,《防止电气误操作装置管理规定》[S].
Energy Security [1990] 1110, Rule of the Antimistake Defense in Substation[S].
- [2] 防止电力生产重大事故的二十五项重点要求[S].
Twenty-five Gross Requirements for Antimistake in Power Generation[S].
- [3] 王兴建. 传统电气闭锁防误与现代微机五防问题研究[J]. 电工技术天地, 2001, (10): 21-22
WANG Xing-jian Traditional Antimistake Defense and Microcomputer-based Program Antimistake Defense[J]. Power Technology, 2001, (10): 21-22
- [4] 曹安琪. 综合自动化与变电站防误闭锁系统[A]. 南京: 变电站综合自动化研讨会文集, 1995 32-34
CAO An-ying Substation Automatic System and Its Antimistake Defense [A]. Nanjing: A Disquisitions on SAS Proseminar, 1995 32-34
- [5] 修洪江. 集控站运行方式下防误问题之探讨[N]. 优特科技, 2002, (4): 8-10.
XU Hong-jiang Discussion Antimistake Defense of in Integrated Substation[N]. Youte Technology, 2002, (4): 8-10.
- [6] 赵自刚, 黄少锋. 扩充微机型继电保护装置功能[J]. 电力系统自动化, 1998, 22(4): 61-63
ZHAO Zi-gang, HUANG Shao-feng Extension to the Functions of Microcomputer-based Protective Relay [J]. Automation of Electric Power Systems, 1998, 22(4): 61-63
- [7] 娄为, 等. 微机保护信息综合处理系统[J]. 中国电力, 1998, 31(7): 48-50
LOU Wei, et al Micro-computerized Relay Protection Synthetic Information Processing System [J]. Electric Power, 1998, 31(7): 48-50
- [8] 徐成斌, 等. 分层分布式微机保护系统[J]. 电力系统自动化, 1998, 22(7): 66-68
XU Cheng-bin, et al The Prospect of Multi-level Distributed Protection System [J]. Automation of Electric Power Systems, 1998, 22(7): 66-68
- [9] 廖泽友, 等. 一种新型变电站综合自动化方案[J]. 继电器, 1998, 26(7): 37-41.
LIAO Ze-you, et al A New Scheme of Substation Automation System [J]. Relay, 1998, 26(7): 37-KG * 641.
- [10] 王钢, 等. 面向对象的变电站微机综合自动化系统的研究[J]. 电网技术, 1998, 12(2): 44-48
WANG Gang, et al The Object Oriented Integrated Substation Automation System Based on Microcomputer [J]. Power System Technology, 1998, 12(2): 44-48
- [11] 朱安, 帅军庆. 关于 110 kV、35 kV 变电站综合自动化系统的功能要求[J]. 电网技术, 1997, 21(1): 55-57.
ZHU An, SHUA I Jun-qing On Requirements for Function of Integrated Automation System in 35 kV and 110 kV Substations [J]. Power System Technology, 1997, 21(1): 55-57.
- [12] 陈培伦, 等. 中低压变电站成套微机保护的研究[J]. 继电器, 1996, 24(2): 34-37.
CHEN Pei-lun, et al Approach to a Complete Set of Microprocessor-based Protection for LV and MV Substations [J]. Relay, 1996, 24(2): 34-37.
- [13] 张宪法, 等. 配电综合自动化系统的设计与实现[J]. 华北电力技术, 1998, 32(3): 42-47.
ZHANG Xian-fa, et al Design and Realization for Distribution System Automation [J]. North China Electric Power, 1998, 32(3): 42-47.
- [14] 王明俊. 配电系统自动化的综合优化设计[J]. 电网技术, 1998, 22(4): 17-20
WANG Ming-jun Integrated and Optimized Design for Distribution System Automation [J]. Power System Technology, 1998, 22(4): 17-20

(下转第 84 页 continued on page 84)