

一种替代微机五防的钥匙置换式防误闭锁 在电厂和供电局配网的应用

喻光明

(南方电网调峰调频发电公司检修试验中心, 广州 511400)

摘要: 国内外电力系统的电气设备五防, 主要有钥匙置换式防误闭锁和微机五防两种, 除中国之外其他国家几乎全部使用钥匙置换式防误闭锁。为了让电力同行彻底了解两者的实际使用情况以决策选型, 针对微机五防的本质缺点来介绍两种五防的工作原理, 指出钥匙置换式防误闭锁具有结构简单、逻辑明了、不含电子元件器件、完全免维护等特点, 因其在国内全部核电站、全部抽水蓄能电站使用而代表着五防的技术趋势和发展方向。经过对比分析两种五防的本质缺点、可靠性和维护保养, 列出钥匙置换式防误闭锁的安装实例, 得出钥匙置换式防误闭锁明显优于微机五防, 供电局配网和电厂适合安装钥匙置换式防误闭锁的结论, 供电力同行在选择五防种类时决策参考。

关键词: 选型; 微机五防; 钥匙置换式防误闭锁; 供电局配网

中图分类号: TM611

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2017)S1-0137-07

A Kind of Key-transfer Interlock Device Using in Power Stations & Distribution Networks in Place of the Computer-based Five-preclusion Interlocks System

YU Guangming

(CSG Power Generation Company Maintenance and Test Center, Guangzhou 511400, Guangdong China)

Abstract: There are two types of five-preclusion interlocks in power system at home and abroad. Almost all other countries except China are using key-transfer type of five-preclusion interlocks. Being fully understood the actual situation of the two five-preclusion interlocks and model selection has been our focus. In this investigation we listed essential shortcomings of microcomputer based on five-preclusion interlocks, introduced the working principle of two kinds of five-preclusion interlocks, pointed out that the key-transfer type five-preclusion interlocks have the characteristics of simple structure, clear logic, non-electronic components, completely maintenance free, which have been using in all domestic nuclear power plants, all pumped storage power stations and representing the trend and development direction of five-preclusion interlocks technology. We also listed examples of installation key-replacement type five-preclusion interlocks. The results show that the key transfer five-preclusion interlocks is obviously better than computer-based five-preclusion interlocks for power distribution network and power plant. This work provides some guidance for selection of any five-preclusion interlocks.

Key words: module selection; computer-based five-preclusion interlocks system; key-replacement interlock system; distribution networks

1 微机五防的本质缺点

查实表明, 除中国之外其他所有国家的电力设备无论是主网还是配网, 其五防无一例外都是在使用机械钥匙闭锁! 而国内大量主网变电站和一些电厂却选用微机五防! 而少用逻辑性很强且直观的机

械钥匙闭锁——本质上是强化了开关地刀的状态管理，忽视了安全本质需要的硬性闭锁！

的确，微机五防目前在电力系统主网大型变电站应用非常广泛，它比较适合这类设备并排运行非常多的场合、适合相邻变电站之间的关联设备。而电厂则是设备集中在一个地方，与联网的远处变电站关联度不强。何况大型变电站运行使用了一段时间之后发现，有了微机五防还出事故。不少专家仔细研究和判断微机五防的工作原理和实际作用后，一致认为并证实微机五防的优缺点非常明显，具体表现在以下：

1) 微机五防强调并且细化了操作逻辑和电气回路上的闭锁，但反而把最重要的忽略——忽略了设备分合位置检测(有也只是利用位置电气接点，不可靠)和最重要——锁具的可用性完整性(比如其机械锁具本质上就是一有编码的挂锁，只有单向锁上功能没有判断检测功能)。钥匙置换式闭锁转动锁上过程顺便完成了此功能，简单实用。

2) 忽略了运行中的高压盘柜后柜门，只靠几个螺丝固封，常德 5.15 事故和聊城 4.12 事故就是任何人随时都可能打开它；设备盖板没有闭锁，误打开碰及带电部分。

3) 忽略了带电变压器网门或箱门，还在使用通开锁，没有闭锁逻辑常常走错间隔。

4) 没有把所有盘柜纳入闭锁，盘柜外观很相似难免走错间隔。

5) 由于缺乏检测功能使得操作会出现跳步操作。

6) 接地线没有纳入闭锁逻辑，不被制约就能取得接地线或者忘记取走接地线也能往下走隔离恢复步骤。

7) 微机五防环节多，都有些长期带电的电脑、内带电磁活动部件的电脑钥匙、编码锁具、通讯模块等等。电子产品和电磁活动部件的可靠性非常低，系统经常死机或卡住；维护量大，厂家每一个地方需要一支队伍来维持，而钥匙置换式闭锁属于机械式完全免维护。

8) 使用没有判断功能的挂锁！无法进行开关刀闸地刀的状态检测，容易跳步操作，比如出现过忘记拆除地线、地刀未合上就去开门、线路有电但本侧开关已经断开后柜门能被打开等等。

9) 微机五防强调的防止误分合开关，其实在

监控系统内早就具备着功能，没有必要再在开关的合闸分闸回路上串接其编码接点，降低了合闸分闸回路的可靠性。在现地和远控模式切换增加编码锁也属多余，毕竟在监控系统操作台上完成最快捷。

10) 实际运行中，绝大多数操作人员对微机五防过程步骤繁杂、电脑钥匙刚开始到现场使用就没有电等实际问题颇有怨言，而图省事地大面积滥用万能解锁钥匙。使用万能钥匙，极易误解锁造成事故，国网南网都有先例。钥匙置换式设置被授权才使用的备用钥匙，只能打开这一步需要解锁的该把锁具。

11) 因为只有一把电脑钥匙，没有对应需检修的设备单一隔离出来的钥匙，锁入运行开票室的钥匙隔离箱内，由运行和检修人员相互制约地管理。

12) 相对钥匙置换式闭锁，盘柜增加时闭锁扩展麻烦。

13) 隔离闭锁本来一件简单的事情(断开开关后顺便使用闭锁将其锁上在隔离位置……一步步的闭锁都是在主设备隔离过程中顺便进行的)被微机五防繁杂的模拟演练下载通讯等等复杂化了。

事故还在继续，在两票制度基础上，设备上需要安装硬性闭锁——即钥匙闭锁系统。

2 五防原理之比较及其特点

国内电力系统五防系统从来没有规定只允许使用微机五防，尤其是使用微机五防的电力单位对其诸多的弊端颇有怨言。国内电力单位一直有钥匙置换式防误闭锁和微机五防两种并存，比如大亚湾核电厂、岭澳核电厂、沙角火电厂 B 厂、华能岳阳电厂、上海吴泾电厂、华电蒲城电厂、广州抽水蓄能电站、惠州抽水蓄能电站、雅砻江锦屏一级、二级电站、雅砻江官地水电站等等，全部安装的是钥匙置换式防误闭锁，没有微机五防。天生桥一级水电站等几家水电站 2012—2016 年期间更是拆除了原有的微机五防，改用钥匙置换式防误闭锁。广州供电局天河利雅湾配电房、惠州供电局惠城江南丽苑配电房、深圳供电局罗湖田贝配电房等供电局配网系统，也已经在使用钥匙置换式防误闭锁。

微机五防的工作原理是^[1]，PC 机、智能模拟屏、工控机、电脑钥匙和各种锁具组成整个系统。

在 PC 机或智能模拟屏上模拟预演，由系统内预先存储的逻辑规则和状态对每步预演进行判断，并通过接口通讯将操作步骤输入电脑钥匙中，然后用电脑钥匙打开设备上的编码锁，然后进行倒闸操作，这样的操作被人为的复杂化了、做隔离时间长容易被考核。

而机械钥匙闭锁原理是，设备按关联性分段来设置闭锁逻辑；不需要保管钥匙——钥匙要不就在设备上安装的闭锁锁具上，要不就在对应的钥匙置换板上，运行时谁都拔不走，检修前隔离才能依次拔出；上一步操作完毕，钥匙插入置换板带动机构，下个钥匙的限制即被解除，拔出后做下一步骤；钥匙随操作传递和置换达到先后开锁操作的目的。机械钥匙闭锁组成：锁具、钥匙、钥匙置换板。置换板内嵌标有锁具分布、隔离步骤的闭锁逻辑图。

不难看出，钥匙置换式防误闭锁有着如下特点：

- 1) 不需要电，纯机械式；不需要管理钥匙。
- 2) 锁配有一主用钥匙一备用钥匙。主用钥匙一直在设备上或置换板上，运行时任何人拔不出，只有开关断开后才能拔出。备用钥匙用于特殊情况，一般不设万能钥匙，从而避免常发的解锁事故。
- 3) 安装不需要停电。
- 4) 采用先进国家的闭锁技术。国外是没有微机五防的只有中国才有，国外知道中国有也不采纳。
- 5) 公司具有运行单位的闭锁的经验积累，别的专业公司不具备这方面的经验成果。
- 6) 在过往的闭锁基础上改进了，更加符合国人的操作习惯。
- 7) 钥匙交换采用嵌入闭锁逻辑图钥匙置换板，直观方便。

3 钥匙闭锁比微机五防更适合电厂

电厂大都位置偏远，运行人员在做电气设备的隔离闭锁的时候，一旦出现电子产品的微机五防系统的本身故障而被迫中止隔离步骤或恢复隔离的步骤，都是电力系统调度或主管部门都无法接受的、并将被考核。电子产品也的确无法避免不死机/不出故障等等现象。

针对电厂电气设备，还有以下几个理由来证实钥匙防误闭锁比微机五防更加适合：

1) 机组出口开关 GCB 地刀为防止母线上所有开关未断开而被误合，需要闭锁。其实大型机组 GCB 出厂时厂家就在开关本体下端全部标配了△钥匙、○钥匙和□钥匙，专门供电厂来组合机械五防逻辑闭锁！目前的实际情况，却是绝大多数常规大中型电厂根本不懂厂家设置这些锁的意思、都没有去组合钥匙置换式闭锁逻辑，这一点令人感到非常遗憾。

2) 励磁变压器/厂高变压器网门或箱门使用通开锁，走错间隔怎么办？需要闭锁。

3) 厂用电盘柜后柜门用螺丝紧固很容易在母线未停电情况下就被打开而触电，出过不少此类事故，需要闭锁。

4) 厂用电盘柜^[4]地刀为防止电缆对侧开关未断开而被误合，需要闭锁！使用微机五防挂锁或普通挂锁，锁上还是没有锁上无法区分，根本没有形成严密的逻辑闭锁关系。应该安装具有逻辑唯一性的锁具，尤其是进线地刀误合的高风险^[5]。

5) 厂用电变压器网门或箱门使用通开锁容易走错间隔怎么办，需要闭锁^[6]。

这里附上钥匙防误闭锁在电厂的安装实例，如图 1~图 3 所示：

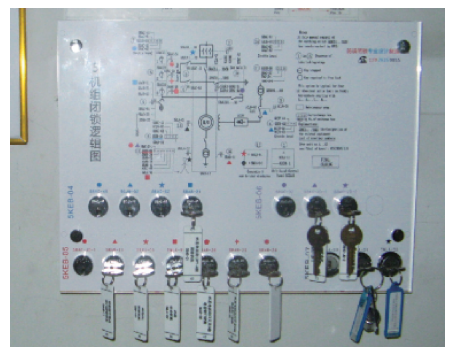


图 1 安装在电厂发电机组的钥匙置换板

Fig. 1 The key transfer board of key-transfer five-preclusion interlocks installed in GPSPS power station

同时，还在以下设备上独创性地安装了钥匙闭锁：

1) 独创性地在中压 10 kV 盘柜后柜门上加装钥匙闭锁，解决了本侧开关断开后理论上能合地刀的高风险。安装实际位置如图 4 所示。

2) 独创性地在地刀操作孔安装闭锁锁具，



图2 中置小车式开关 KYN28 安装的闭锁锁具

Fig. 2 The key interlock installed in a KYN28 switchboard



图3 厂用变压器箱门上安装的闭锁锁具

Fig. 3 The key interlocks installed on an aux-transformer door



图4 中压盘柜后柜门上安装的闭锁锁具

Fig. 4 The key interlocks installed on a middle-voltage switchboard rear door

锁具嵌入式安装在符合运行人员操作习惯的横梁位置。彻底解决了电缆对侧开关未断开而本侧开关断开后理论上能合地刀的高风险。正常运行时地刀操作孔被隔离闭锁锁杆封堵，钥匙被限制在钥匙置板上。需要合上地刀时，满足条件后拔得的闭锁钥匙插入并转动后，地刀操作孔的挡片这时候才可以被压下去，地刀操作杆才允许插入来合上地刀，地

刀合上后闭锁钥匙同时被限制在锁上。只有地刀重新被拉开才能拔出，如图5所示。



图5 中压盘柜地刀上安装的闭锁锁具

Fig. 5 The key interlock installed at an earth-disconnector of middle-voltage switchboard

3) 独创性地将接地线纳入闭锁逻辑，防止带电挂接地线或忘记取走接地线

分布式接地线管理，不集中放置减轻操作人员搬运的劳动强度。分布式，我们采用接地线纳入闭锁逻辑，挂在墙上或锁入专用箱内，不取走地线就无法置换出钥匙往下解锁隔离恢复设备，解决了忘记取走接地线的高风险，如图6所示。



图6 临时接地线纳入闭锁逻辑

Fig. 6 The temporary grounding wire at a key transfer board of key-transfer five-preclusion interlocks

如果一定需要集中在专用地线管理箱，则使用接地桩加装闭锁，地线管理箱纳入闭锁逻辑。解决了忘记取走接地线的高风险，如图7所示。



图 7 接地桩上面安装的钥匙闭锁锁具

Fig. 7 The key interlock installed on a ground stud

4 钥匙闭锁比微机五防更加适合供电局配网

目前国内外的配网系统^[6]内拉手互供线路越来越多，本侧开关断开后理论上是能合地刀、能开后柜门的，所以都需要加装闭锁，然而微机五防实现的只是提示作用，没有硬闭锁来限制可能出现的误操作。另外，配网盘柜的设计热稳定值^[7]没有主网盘柜的大。一旦发生地刀误合短路，势必爆炸，对电网公司在社会上的名声影响特别坏、设备损坏和因为修复时间致使负荷输出受限等等损失非常大。误碰带电变压器致使员工死伤，同样是对电网公司名声的极大破坏。同时配网环网柜外表都一模一样，绝对难免走错间隔。仅仅靠人和两票制度是不可避免的！

配网系统的环网柜^[8]上的地刀闭锁，一直使用普通挂锁或微机五防挂锁，锁上还是没有锁上无法区分，根本没有形成严密的逻辑闭锁关系。应该安装具有逻辑唯一性的锁具，尤其是进线地刀误合的高风险。使用挂锁锁没有逻辑还是容易误操作；来回取钥匙折腾人；钥匙没有闭锁在一个位置易丢失……怎么办？最严重的是，挂锁无法避免人因而错误解除闭锁！——钥匙机械式正好解决这些问题：现场使用钥匙置换板逻辑性地管理着钥匙、锁具是固定式的，不是挂锁，具有检测功能……。

配电变压器网门或箱门都使用通开锁，抢修过程中容易走错间隔怎么办？这些，微机五防都没有能考虑到、没有顾及到。

这里列出钥匙闭锁在配网的安装应用。如图 8、图 9 所示：

1) 主要是因为环网柜进线地刀存在对侧开关未断开抢修时匆忙带电合进线地刀的极大风险。



图 8 环网柜对侧开关上安装的闭锁锁具

Fig. 8 The key interlock for isolation from opposite installed on an ABB safeplus mini-switchboard



图 9 环网柜电缆进线地刀上安装的闭锁锁具

Fig. 9 The key interlock for earth-disconnector installed on an ABB safeplus mini-switchboard

2) 配电房变压器存在抢修匆忙中开关未拉出而进入碰及带电变压器的极大风险。如图 10 ~ 图 13 所示。



图 10 变压器箱门上安装的闭锁锁具

Fig. 10 The key interlock installed on a transformer door



图 11 变压器网门对应负荷开关上安装的闭锁锁具

Fig. 11 The key interlock for a transformer income circle breaker installed on a mini-switchboard



图 12 变压器网门上安装的机械五防锁具

Fig. 12 The key interlock installed on a transformer barrier door



图 13 安装在配网 35 kV/10 kV 小型变电站的钥匙置换板

Fig. 13 The key transfer board of key-transfer five-preclusion interlocks installed in a 35 kV/10 kV substation

5 结论

综合上述两种五防闭锁的诸多方面的比较,很显然机械五防更胜一筹。它让操作人员没有机会犯隔离操作上的任何错误!同时也方便了运行人员隔离钥匙的管理。厂房内厂用电和机组,安装了这种一劳永逸的安全装置,能够比较彻底地解决误开带

电设备门、误合地刀、误拉联络刀闸等等,值得在水电、火电、核电^[9]、风电等各类电站、电力系统中小变电站^[10]、供电配网上全面推广。

参考文献:

- [1] 杨涛,牛海东. 变电所微机五防程序锁的优缺点和改进措施 [J]. 中国科技博览, 2010, 35(3): 352-352.
YANG T, NIU H D, The advantages and disadvantages of the five anti program lock of the microcomputer based substation and the improvement measures [J]. China Science and Technology Expo, 2010, 35 (3): 352-352.
- [2] 刘勇. 广州蓄能水电厂防误操作系统 [J]. 水电站机电技术, 1997(4): 35-40.
Liu Y. Anti misoperation system of Guangzhou energy storage and hydropower plant [J]. Mechatronic Technology of Hydropower Station, 1997(4): 35-40.
- [3] 广州现翔电力科技有限公司. 广蓄电厂防误闭锁系统升级改造实施方案 [R]. 广州: 广州现翔电力科技有限公司, 2011.
- [4] 李甲骏, 卢彬, 赵一炜, 等. 机械防误闭锁装置在蓄能电站的应用 [J]. 水电站机电技术, 2016, 39(12): 18-25.
LI J J, LU B, ZHAO Y W, et al. Application of mechanical misoperation locking device in pumped storage power station [J]. Electromechanical Technology of Hydropower Station, 2016, 39(12): 18-25.
- [5] 李毅. 高压开关柜防误闭锁功能的完善 [J]. 电力设备, 2007, 8(7): 73-75.
LI Y. Improvement of anti misoperation and locking function of high voltage switchgear [J]. Electric Power Equipment, 2007, 8(7): 73-75.
- [6] 章新涛. 完善 10 kV 成套开关柜防误闭锁功能的措施 [J]. 电力安全技术, 2008, 10(4): 39-40.
ZHANG X T. Measures to improve 10 kV switchgear interlock function [J]. The Safety of Electric Power Technology, 2008, 10(4): 39-40.
- [7] 雷春明, 范满元. 厂用电系统的机械五防闭锁原理及其方法 [J]. 电力建设, 2008, 29(6): 76-78.
LEI C M, FAN M Y. Power system mechanical five anti lock principle and method [J]. Electric Power Construction, 2008, 29(6): 76-78.
- [8] 聂建新. 机械防误闭锁装置的维护要点 [J]. 农村电工, 2014(11): 39-39.
NIE J X. Maintenance of mechanical anti misoperation device [J]. Rural Electrician, 2014(11): 39-39.
- [9] 国家能源局. 核电厂全厂电气设备机械联锁技术规范: NB/T 25022—2014 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2014.
- [10] 徐东伟, 陈惠, 陈志源. 220 kV 隔离开关机械防误闭锁装置的改进 [J]. 电力安全技术, 2016, 18(2): 38-39.