

基于大网络结构+间隔内闭锁设计思想的网络型 微机防误闭锁系统

管保安^{1,2}, 周军³

(1. 武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072; 2. 武汉泰可电气有限公司, 湖北 武汉 430072;
3. 平东热电有限公司, 河南 平顶山 467000)

摘要: 为解决常规微机防误装置的产品在事故处理和检修调试情况下, 不能起到防误闭锁作用的致命缺点, 借鉴变电站综合自动化系统中的设计理念, 介绍了一种全新的基于大网络结构+间隔内闭锁设计思想的网络型微机防误闭锁系统, 并详细阐述了该系统的设计思想、系统组成结构、工作原理、防误闭锁逻辑以及系统的特点等, 最后介绍了该系统在大型电厂的应用。对电力系统“五防”技术的探讨有一定的价值。

关键词: 微机防误闭锁; 大网络结构; 间隔内闭锁

Network type microcomputer-based anti-misoperation locking system based on large-scale network structure and locking in the partition

GUAN Bao-an^{1,2}, ZHOU Jun³

(1. College of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China;
2. Wuhan TK Electrical Engineering Co., Ltd, Wuhan 430072, China; 3. Pingdong Thermal Power Company Ltd, Pingdingshan 467000, China)

Abstract: In order to solve the defect of traditional microcomputer-based anti-misoperation locking device, which can not affect in the condition of accident examination and repairment, this paper uses the design idea in the substation integrated automation system for reference, introduces a new network type microcomputer-based anti-misoperation locking system which based on large-scale network structure and locking in the partition. Moreover, it expatiates the system with the design, structure, principle, logic and characteristic, etc. In the end, an application in large-scale power plant is introduced. It is valuable in investigation of “five prevention” technology in power system.

Key words: microcomputer-based anti-misoperation locking; large-scale network structure; locking in the partition

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)17-0093-04

0 引言

误操作事故的严重危害是众所周知的, 微机防误闭锁装置的推广使用对减少误操作事故所起的作用也是显而易见的。但当今的五防产品是否足够完美? 是否真正起到了完全防止误操作的作用? 答案是否定的。那么当今的五防产品还存在有哪些缺陷呢? 笔者认为: 除五防产品质量参差不齐^[1], 有待进一步提高外, 主要还存在以下问题:

1) 正常情况下操作复杂繁琐, 速度慢; 事故、检修调试状态下(或五防设备出现问题时), 采用解锁钥匙解锁, 系统失去防误功能, 存在极大安全隐患, 这是常规微机防误装置的致命缺点^[2]。

2) 采用电脑钥匙离线式操作, 信息传递不及时, 缺乏实时性^[3]。如果在操作过程中出现设备状态变位等意外情况, 将带来安全隐患。

3) 基本的五防逻辑也需要人工编制, 且正确性不易检查, 一旦五防逻辑编辑错误, 将有可能产生错误的操作票, 导致严重后果^[2]。

4) 变电站管理不够规范, 直接影响系统安全。

5) 为解决以上问题: 我们在进行了大量调研和反复论证的基础上, 决定设计一种采用在线式系统结构的, 全新的网络型微机防误闭锁系统^[4]。

6) 采用在线式网络控制结构^[3]。

7) 采用大网络结构+间隔内闭锁的设计思想, 使系统的安全不过分依赖网络的可靠性, 即使出现网

络中断，系统仍然具有基本的防误功能，能够避免恶性事故的发生。

8) 实现正常情况下，操作正确感觉不到防误装置的存在，操作错误强制闭锁；检修状态下，检修设备按照基本防误逻辑解锁；事故状态下，全站设备按照基本防误逻辑解锁。

9) 根据变电站一次主接线信息自动生成基本五防逻辑。

10) 为适应数字化变电站的发展需求，在系统中应采用 IEC61850 规约。

1 系统结构

该系统的系统结构如图 1 所示，它的核心由微机防误后台服务器、前台控制主机、规约转换器、网络锁控制器组成。

隔离开关、地刀、开关柜门等设备的基本防误逻辑，这样即使在系统网络失效，甚至是接收到错误操作命令的情况下也不会出现重大五防事故。

2 系统工作原理

网络锁控制器实时采集设备状态信息，通过网络将设备状态信息存贮到微机防误后台服务器的数据库中，由微机防误后台服务器负责使整个网络共享设备状态信息。

操作人员在前台控制主机上进行模拟操作，在操作票专家系统软件的支持下，形成符合五防逻辑的操作票，并交给微机防误后台服务器执行。

微机防误后台服务器根据操作票内容逐项将操作内容发给网络锁控制器，由网络锁控制器负责解锁操作；

网络锁控制器接收操作命令，并根据本间隔内基本五防逻辑和设备状态情况，进行五防逻辑判断，判断正确开放闭锁，否则返回错误信息，给出错误提示。

待一次设备变位后，网络锁控制器采集设备变位信息，传递给微机防误后台服务器，完成一项设备操作。

特殊情况：

1) 检修状态：在前台控制主机上标明检修设备区域，并将该信息提交给微机防误后台服务器执行。微机防误后台服务器将该信息发给网络锁控制器。网络锁控制器将检修设备按照基本防误逻辑解锁。

2) 事故状态：在前台控制主机上选择事故状态，并将该信息提交给微机防误后台服务器执行。微机防误后台服务器将该信息发给网络锁控制器。网络锁控制器将事故区域所有设备按照基本防误逻辑解锁。

3) 网络故障：网络锁控制器检测到网络故障后，将所控制设备按照基本防误逻辑解锁，同时，微机防误后台服务器、前台控制主机、网络锁控制器均给出报警信息。

3 五防系统逻辑结构说明

网络型微机防误闭锁系统的五防闭锁逻辑如图 2 所示，它将“操作票步骤闭锁逻辑”和“基本防误闭锁逻辑”两部分组合在一起，构成了“完全防误闭锁逻辑”。该逻辑能够具有以下“完全防误”特点：

TKWF-III网络型微机防误闭锁系统结构图

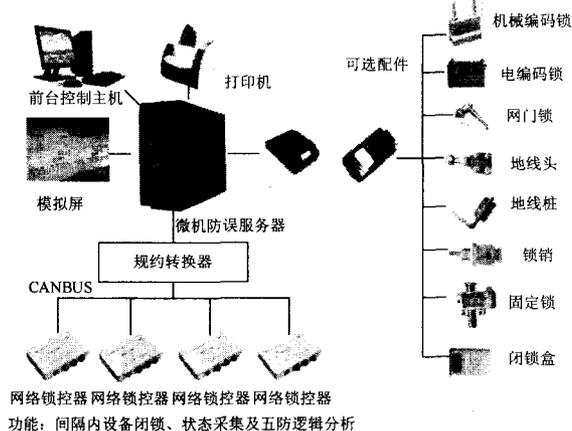


图 1 网络型微机防误闭锁系统结构图

Fig.1 Structure diagram of the network type microcomputer-based anti-misoperation locking system

微机防误后台服务器是整个系统的核心，运行五防程序，进行数据库管理，存贮整个系统的所有信息，管理和调度整个系统功能。

系统中可有多台前台控制主机，提供人机交互界面，权限管理。运行微机防误软件、变电站综合管理系统软件和操作票专家系统软件等。

规约转换器提供微机防误后台服务器与 CANBUS 总线的物理接口转换，并实现用户规约与 IEC61850 规约之间的转换。

网络锁控制器是本系统的特色，它是间隔内的五防主机，本身具有闭锁、状态采集和间隔内基本防误逻辑分析等多重功能，能实现间隔内的完全五防。它不仅可接收远方微机防误后台服务器的遥控闭锁命令，更重要的是其自身具有间隔内断路器、

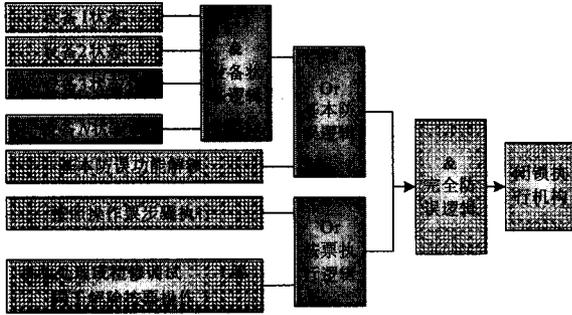


图2 五防闭锁逻辑图

Fig.2 Logic diagram of five prevention

1) 在事故处理或检修人员调试设备时不需要操作票, 网络锁控制器将设定区域内的设备按照基本防误逻辑解锁。此时系统仍然具有最基本的防误闭锁功能, 避免了全站解锁, 失去防误功能的危险情况。

2) 在正常情况下强制操作人员必须按照操作票步骤进行操作, 这样就连一般性的误操作事故都能避免。

3) 万一操作票有错误也不会导致恶性误操作事故, 因为该防误系统在同时满足最基本的防误逻辑情况下, 才开放操作闭锁。

4) 基于粒子群遗传算法的微机防误逻辑自动生成系统, 可根据变电站一次主接线信息自动生成基本五防逻辑。消除了人工编制五防逻辑所带来的安全隐患。

4 系统特点

1) 采用集散型网络控制结构, 使防误闭锁系统能实时地掌握操作和设备变位信息: 网络锁控制器实时采集设备状态信息, 通过网络将设备状态信息存贮到微机防误后台服务器的数据库中, 由微机防误后台服务器负责使整个网络共享该信息。

2) 间隔内五防闭锁: 采用大网络结构+间隔内闭锁的设计思想, 每个间隔内的网络锁控制器就是一台微型防误主机, 使系统的安全不过分依赖网络的可靠性, 即使出现网络中断, 间隔内仍然具有基本的防误功能, 能够避免恶性误操作事故的发生。

3) 操作更快捷、系统更安全: 网络型微机防误闭锁系统克服了电脑钥匙型微机防误装置操作复杂、事故处理和检修调试时必须解锁、设备状态信息不可靠、容易走空程等缺点^[5]。在正常情况下, 操作正确感觉不到防误装置的存在(因为不需要专门对防误装置进行操作), 操作错误强制闭锁时才能感觉到有防误装置的存在。

4) 检修状态和事故状态下的防误闭锁: 在事故

处理状态下和检修调试时仍然具有防误功能。检修状态下, 检修设备按照基本防误逻辑解锁; 事故状态下, 全站设备按照基本防误逻辑解锁; 在无操作票的情况下, 按照“基本防误闭锁逻辑”进行闭锁。该装置是目前电力系统中唯一能起到完全防误闭锁作用的装置。

5) 操作导引功能: 网络锁控制器能够控制被操作设备发出声光操作导引信号, 引导操作人员正确操作。

6) 先进的逻辑生成策略: 将五防逻辑分为操作票五防逻辑和基本五防逻辑。基于粒子群遗传算法的微机防误逻辑自动生成系统, 可根据变电站一次主接线信息自动生成基本五防逻辑。

7) 良好的扩展性:

各种防误闭锁装置各有其优缺点和各自的适用范围, 孰优孰劣不能一概而论。在实际工程中应用其所长, 避其所短。但当前我国各防误厂家的产品所采用的措施类型单一, 顾此失彼, 不能实现各种防误闭锁装置的融合。网络型微机防误闭锁系统不但可以实现网络锁防误的功能, 还能够兼容电磁锁、电气回路闭锁、基于电脑钥匙的常规微机防误系统等。因此, 该系统在国内首次实现了多种类型的防误闭锁装置的融合。

由于该装置可以基于以太网或者是CAN网进行数据交换, 因而, 今后开发的防误闭锁系统产品只要具有网络的接口就可以正确实现其功能。可扩展性非常好。

5 网络型微机防误闭锁系统在某大型发电厂的应用

某大型发电厂基本概况: 该发电厂原有 2×600 MW发电机组, 设计容量为 4×600 MW, 网络型微机防误闭锁系统是随着该厂 2×600 MW扩建工程一同设计、安装, 主要为该厂500 kV/220 kV系统服务的。

500 kV系统为3/2接线方式, 由双母线和四串开关组成, 第一串和第二串为两个完整串, 接有两条500 kV出线和#1、2机组(2×600 MW)进线; 第三串和第四串是二期工程增加的两个不完整串, 接有#3、4机组(2×600 MW)进线。220 kV系统为单母线分段接线方式, 共有两条220 kV进线、两台220 kV馈线开关, 每台馈线开关带两台启/备变压器。500 kV和220 kV系统之间没有联络变压器。

500 kV和220 kV系统均采用常规的二次电缆控制形式。除了在网控盘上可以远方分合断路器和隔离刀闸操作外, 在升压站还设置了单元就地集中

控制柜,即 LCC 柜。在 LCC 柜内可以分合一台断路器及该断路器所属的隔离刀闸和接地刀闸,即可以操作该断路器单元所属的所有设备。

由于 500 kV 和 220 kV 系统的隔离刀闸和接地刀闸均采用电动操作,因此,系统原来的“五防”功能就是依靠常规的电气二次回路闭锁:当断路器在合闸状态时闭锁隔离刀闸的操作;当隔离刀闸在合闸状态时闭锁接地刀闸的合闸操作;反之当接地刀闸在合闸状态时闭锁隔离刀闸的合闸操作。即实现了“防止带负荷拉合刀闸”、“防止带电合地刀”、“防止带地刀送电”的三防功能,但是还缺少“防止误拉误合开关”、“防止走错间隔操作”两防功能。

防误形式的确定:由于二期工程电气系统的范围广、系统多,有些还要和一期工程联系起来,闭锁逻辑较为复杂。因此,非常适合采用网络型微机防误闭锁系统,用网络锁控制器实时采集设备状态,驱动中间继电器来闭锁电动操作设备;用电磁闭锁机构来闭锁手动操作设备。因此,可以满足状态信息的实时性、可靠性、闭锁的强制性、操作的方便性、事故处理和检修调试时的即时性(可以不用事先模拟操作)等要求。

中压厂用电系统防误功能的具体要求:对于电源进线柜和有可能倒送电(如煤场变馈线等)的开关柜,五防闭锁逻辑条件中必须加入相关系统的设备状态(如发变组、启备变、煤场 3 kV 母线等设备状态),并且还能够相互闭锁。不能忽视以下防误功能:

- 1) 发变组(启备变)处于检修状态时,能闭锁工作(备用)电源进线开关的送电操作。
- 2) 当发变组(启备变)处于运行状态时,能闭锁工作(备用)电源进线柜内的合地刀操作。
- 3) 当发变组(启备变)处于运行状态时,无法打开工作(备用)电源进线柜的电缆室门。
- 4) 当工作(备用)电源进线柜内的地刀未拉开时,能闭锁主变(启备变)高压侧刀闸的合闸操作。
- 5) 对于有可能倒送电的馈线柜(如煤场变等)的防误要求与以上相同。
- 6) 中压母线电压互感器间隔内的母线地刀,应与工作和备用电源进线开关之间互为闭锁。
- 7) 能实现“防止误拉、误合开关”的功能。

根据以上所述,厂用 3 kV/10 kV 系统、发变组系统、220 kV 系统和 500 kV 系统都需要配备“五防”装置。其中 220 kV 和 500 kV 系统的设备全部电动操作;3 kV/10 kV 厂用电系统虽然是手动操作,但是 ABB 的开关柜无论是母线还是工作/备用电源进线的接地方法都采用接地刀闸形式,并且接地刀闸和小车开关的进出车机构都便于安装电磁闭锁

机构。因此,所有电气设备防误闭锁的执行均可以采用“接点闭锁”形式。

针对该电厂的实际情况,本防误系统主要是由操作票系统、闭锁管理后台机、前台控制主机以及控制网络组成^[2]。而控制网络又是由 CANBUS 网络数据总线和多个网络锁控制器组成。系统结构如图 3 所示。

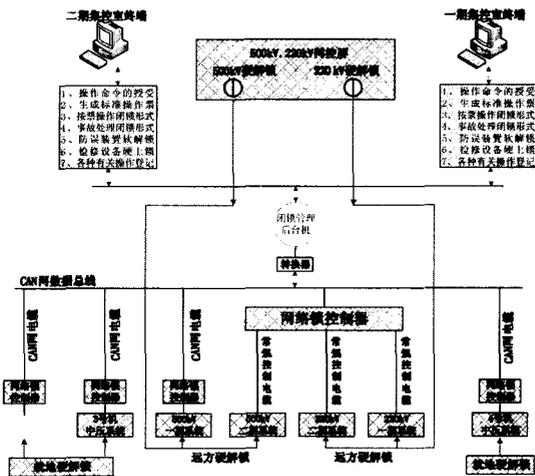


图 3 五防系统结构图

Fig.3 Structure diagram of five prevention system

6 结束语

网络型微机防误装置的最大优点是克服了常规微机型防误装置的产品在事故处理和检修调试情况下,都不能起到防误闭锁作用的致命缺点。因为常规型微机防误装置都是采用电脑钥匙作为执行机构,在紧急操作时,运行人员不可能使用电脑钥匙进行繁琐的操作,因此必须解锁来快速处理事故。而网络型微机防误装置由于具备“即时操作”的性能,并且没有任何额外的操作步骤,所以在事故处理和检修调试的情况下也能起到防误闭锁作用,对提高电力系统安全运行水平具有重大意义,非常适合在高电压等级变电站和大型发电厂推广应用。具有极大的市场潜力。

参考文献

[1] 电科院开关研究所.电力系统防止电气误操作专业工作的现状、问题及对策[Z].
EPRI Switch Institute.The Present Situation, Problems, Countermeasures About Power Anti-misoperation in Power System[Z].

[2] 陈祖嘉,吴渭林.综论电气误操作事故的原因及防范措施[J].电力安全技术,2004,(12): 21-23.

(下转第 127 页 continued on page 127)

改造, 防止类似事故的发生。

2) 对于新设备, 带负荷检查中性线回路电流是一个重要的反措项目, 在新设备投运时必须进行该项目检查。具体方法如下:

在电流互感器一次侧 A 相通入交流电流, 电流二次回路用钳形电流表监测 A 相及 N 线, 如 A 相与 N 线电流相等, 则电流回路一点接地, 同时也检验了接线的正确性; 如 N 线电流是 A 相电流的一半左右, 则电流回路是两点接地, 且为主控室和开关场两点接地。如果 N 线电流比 A 相电流的少一小半左右, 则电流回路也是两点接地, 且为主控室内两点接地(保护屏和控制屏分别接地)。例如, 电流互感器变比为 300/5, 在一次 A 相通流 60 A, 电流二次回路在 A 相监测为 1A, 二次回路 N 点也为 1A, 则为一点接地; 如果电流二次回路 A 相为 1A 左右, 二次回路 N 点为 0.5 A 左右, 则为主控室和开关场电流两点接地; 如果电流二次回路 A 相为 1.23 A 左右, 二次回路 N 点为 0.77 A 左右, 则为主控室内控制屏和保护屏分别接地, 引起电流两点接地。

不管在中性点非直接接地电网中或在直接接地电网中, 还是在电磁型保护或微机型保护中都同样适用上述方法。可解决电力系统中长期困扰人们的交流二次回路多点接地问题, 能够及时发现交流二次回路的多点接地, 避免了因交流二次多点接地造成的保护误动和拒动, 保证了电网的安全运行。

4 结束语

国网公司和省公司下发的反事故措施对二次回路接地问题均提出了要求, 但设计和基建施工部门, 往往未引起足够重视, 通过前面介绍继电保护两点接地的问题和要吸取的教训和对策, 目的在于堵塞继电保护电流回路两点接地出现的漏洞, 加强二次回路运行的可靠性, 减少继电保护不正确动作的隐患, 提高电网安全稳定运行的水平。

参考文献

- [1] 国家电力调度通信中心.《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》继电保护专业重点实施要求[Z], 2005. State Electric Power Dispatch Communicate Cente "The Eighteen Grid" Anti-accident Solutions of State Grid Relay Protection Actualize Demand[Z].2005.
- [2] 国家电力调度通信中心.电力系统继电保护实用技术问答(第二版)[M].北京:中国电力出版社, 1999. State Electric Power Dispatch Communicate Center, Power System Relay Protection Technique Answer (Second Edition)[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.

收稿日期: 2008-12-06; 修回日期: 2009-01-22

作者简介:

李新(1973-), 女, 本科, 工程师, 从事继电保护技术及其管理工作; E-mail: lixin7383@sina.com

彭勇(1971-), 男, 本科, 高级工程师, 从事继电保护、电力系统生产运行管理工作;

王志新(1963-), 男, 本科, 高级工程师, 从事电力系统生产及科技管理工作。E-mail: wzx_xydl@sina.com

(上接第 96 页 continued from page 96)

CHEN Zu-jia, WU Wei-lin. Summary of the Cause and the Prevention of Misoperation Accident[J]. Electrical Safety Technology, 2004, (12): 21-23.

- [3] 罗劲. 微机五防系统发展方向探讨[J]. 四川水力电, 2008, (1).

LUO Jin. Discussion of the Microcomputer-based Five Prevention Development Direction[J]. Sichuan Hydraulic Power, 2008, (1).

- [4] 苗世华. 网络化变电站防误系统的研究[D]. 保定: 华北电力大学, 2005.

MIAO Shi-hua. Research of Network Type Substation Anti-misoperation System[D]. Baoding: North China Electric Power University, 2005.

- [5] 陆晓燕, 王劲. 基于电网防误闭锁方面的研究[A]. 中国计量协会冶金分会 2007 年会论文集[C]. 2007.

LU Xiao-yan, WANG Jin. Reseach of Anti-misoperation Locking Based on Grid[A]. in: Metallurgy Branch of China Metrology Association 2007 Symposium[C]. 2007.

收稿日期: 2008-10-11; 修回日期: 2009-02-03

作者简介:

管保安(1963-), 男, 硕士, 副教授, 硕士研究生导师, 长期从事微机防误闭锁系统的研究工作; E-mail: gba8786@163.net

周军(1982-), 男, 工程师, 主要从事电气专业的设备研究和管理工作。