

# 五防系统在智能化变电站中应用分析

智全中<sup>1</sup>, 秦广召<sup>1</sup>, 姜伟<sup>1</sup>, 徐晓东<sup>2</sup>

(1. 河南省漯河供电公司, 河南 漯河 462001; 2. 河南电力物资公司, 河南 郑州 450052)

**摘要:** 在介绍五防系统功能特点的基础上, 结合五防发展历史, 提出了智能化变电站一体化五防系统的思路。通过分析智能化变电站技术发展方向, 深入探讨五防系统的技术特点, 说明一体化五防在智能化变电站应用的可行性和必要性, 同时介绍了一体化五防的应用和网络化间隔五防功能在 GOOSE 机制中的实现方法。

**关键词:** 五防系统; 一体化五防; 智能化变电站; 网络化间隔五防; GOOSE

## Application analysis of fail-safe unit in the intelligent substation

ZHI Quan-zhong<sup>1</sup>, QIN Guang-zhao<sup>1</sup>, LOU Wei<sup>1</sup>, XU Xiao-dong<sup>2</sup>

(1. Luohe Power Supply Company, Luohe 462001, China; 2. Henan Electric Power Material Co., Zhengzhou 450052, China)

**Abstract:** This paper puts forward an idea of integrated fail-safe unit of intelligent substation by introducing the functional characteristics of fail-safe unit and its history. By analyzing developing direction of intelligent substation technology, it deeply explores the technical feature of fail-safe unit and introduces the feasibility and necessity of integrated fail-safe unit in intelligent substation. On the other hand, it introduces the application of integrated fail-safe unit and the implementation method in GOOSE mechanism of networking bay fail-safe function.

**Key words:** fail-safe unit; integrated fail-safe unit; intelligent substation; networking bay fail-safe unit; GOOSE

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)23-0108-04

## 0 引言

五防系统是防止电气误操作的必备技术手段, 是自动化变电站系统的重要组成部分。随着自动化技术的发展, IEC61850 规约在自动化变电站中的成功应用, 具有网络化特征的智能化变电站技术逐步完善, 五防闭锁的实现方法和理解, 有了根本的变化。本文在简要介绍五防系统发展历程和智能化变电站的基础上, 结合智能化变电站技术的特征, 分析了五防系统在基于 IEC61850 的智能化变电站的应用。

## 1 概述

### 1.1 五防概念

指防止带负荷分合刀闸、防止误入带电隔离区间、防止误分合断路器、防止带电挂接地线、防止带地线合刀闸等五项防止电气误操作。

### 1.2 功能特点

指五防系统与自动化系统融为一体, 共用数据库和图形界面, 自动化系统具有五防系统所有的功能, 可以配置电脑五防锁具等等。

### 1.3 发展历程

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, 并以法规形式行文规定了电气防误的管理、运行、设计和使用原则。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。

原国家电力公司 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。

### 1.4 实现方式

国内有关研制单位也在不断探索在新技术条件下五防系统的具体实现方式, 总的来说包括如下几种:

#### (1) 电气防误闭锁

电气防误闭锁回路是一种现场电气联锁技术, 主要通过相关设备的辅助触点联接来实现闭锁。这是电气闭锁最基本的形式, 闭锁可靠。但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。只能防止开关、隔刀和地刀的误操作, 对误入带电间隔、接地线的挂接(拆除)等无能为力。不能实现完整的“五防”。电气闭锁回路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, 但回路复杂, 间隔多的大站实现起来耗费大量电缆, 且在运行中存在刀闸辅助触点不可靠、户外电磁锁机构易损坏等问题。

(2) 机械防误闭锁

该装置在户内变电站中应用。一般户内变电站 35 kV 设备为手车式开关柜, 10 kV 设备为金属封闭型开关柜, 厂家生产柜壳时就把机械防误闭锁装置一起设计。在相关操作部位之间采用机械机构的有机联系来实现联动操作, 达到闭锁要求装置每项功能靠机械机构传动来完成闭锁, 机械闭锁结构简单, 动作可靠, 没有辅助操作, 操作方便, 正反向闭锁都能成立。该设备有防尘、防污染作用, 适合污染严重的环境安装, 缺点是五防装置靠机械机构传动。联动的环节多, 操作过程易出现机构卡死故障, 应用范围有局限性, 只能在开关柜中有动作联系, 能够用机械闭锁的地方和户外隔离开关与接地刀操作机构同处安装时, 方能使用, 不能防止误分、误合断路器, 不能完善地防止误入带电间隔和带电合接地刀。

(3) 程序锁

用钥匙传递实现相关操作部位之间的先后操作顺序。其最大优点是不受距离限制, 适用于户外配电装置, 户内间隔式配电装置以及开关柜双柜和开关柜与柜外配电设备间的闭锁联系。在使用上的最大特点是必须从头开始, 中间不能间断, 如果没有第一把锁, 或操作过程中的某个操作部位不能实施程序操作(如按钮), 则程序锁便失去作用而不能使用。程序锁主要问题是操作中的卡涩现象或程序发生紊乱。防止带电合地刀及防止误入带电间隔的功能不完善。

(4) 传统的微机五防系统(图1)

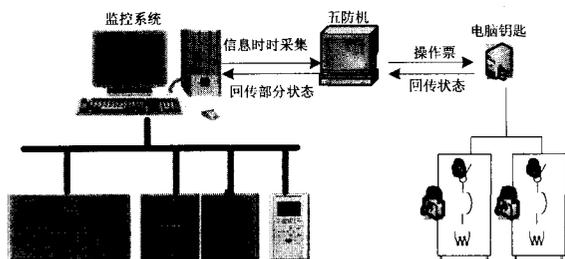


图1 传统的微机五防系统

Fig.1 Traditional PC fail-safe unit

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。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。

(5) 一体化的微机五防系统(见图2)

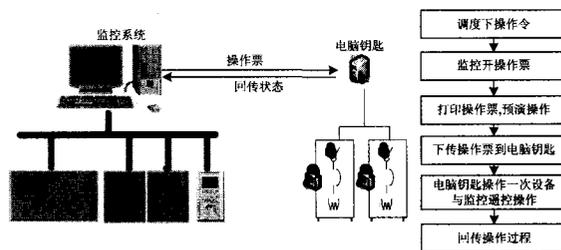


图2 一体化的微机五防系统

Fig.2 Integrated PC fail-safe unit

一体化的微机五防系统采用一体化设计理念, 把变电站实时监控、故障信息系统子站、工程师站、五防一体化以及变电站日常管理融为一体, 并且这几个子系统在设计为逻辑上相互独立, 可以共用数据库和图形界面, 这样既满足了信息共享的要求, 又可以按照不同需求单独配置, 满足功能灵活性要求。

2 五防在智能化变电站中的应用

2.1 智能化变电站概述

随着网络技术的高速发展, 基于 IEC61850 规约基础上的智能化变电站已由技术研制阶段逐步进入工程试用阶段, 智能化变电站已成为变电站自动化建设的发展方向。

智能化变电站是由智能化一次设备和网络化二次设备基于 IEC 61850 标准, 按照过程层、间隔层、站控层三层结构体系分层构建, 以智能化的光纤通信网络代替繁杂的二次电缆, 并实现智能设备间信息共享和互操作的变电站。

与常规变电站复杂的二次电缆相比, 智能化变电站结构大大简化, 基于网络的 GOOSE 传输机制替代了常规电气跳合闸回路及状态采集回路。提升了运行管理自动化水平, 大大简化了运行维护。以间隔层设备为主体的智能化一键式操作, 使操作环境更加优化, 操作步骤更加简练, 使变电站倒闸操作更加安全快捷, 有效避免了误操作。

### 2.2 智能化变电站对五防的要求

2009 年国家电网公司编写了《智能变电站技术导则》从安全性、可靠性、经济性方面考虑,明确提出包括防误操作在内的系统层各项功能,应高度集成一体化。其后编写的智能化变电站设计规范对变电站的防误操作闭锁,提出了以下三种方案:方案 1,通过监控系统的逻辑闭锁软件实现全站的防误操作闭锁功能。方案 2,监控系统设置“五防”工作站。方案 3,配置独立于监控系统的的专用微机“五防”系统。并得出如下结论:从专业及技术发展趋势,结合减少设备重复配置原则,宜通过变电站自动化系统的逻辑闭锁软件实现全站的防误操作闭锁功能。因此,一体化五防在智能化变电站应用必将是发展趋势。

### 2.3 智能化变电站中一体化五防的特点

智能化变电站可以采用的监控系统中五防与监控系统一体化集成,实现操作票及防误闭锁功能。如图 3 所示。

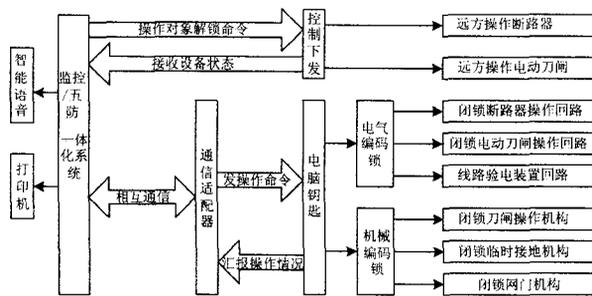


图 3 一体化五防防误闭锁系统结构图

Fig3 System construction drawing of integrated PC fail-safe unit

监控五防一体化系统配置五防硬件实现防误闭锁。监控一体化五防具备以下特点:

- (1) 五防工作站作为监控系统的一个节点,可以兼作操作员站,也可以独立配置,根据现场情况灵活选择。
- (2) 监控系统包含操作票功能、防误闭锁功能,与五防主机实际上共享一套实时库,五防数据全部从监控的实时库中读取,无需采用通信方式,省略传统微机五防的中间环节,提高了五防采集数据源的实时性和可靠性,极大提高了五防系统的运行性能和可靠性。
- (3) 五防的图形系统和数据库与监控系统完全统一,无需进行二次建模,减少现场调试和维护的工作量。
- (4) 五防系统作为监控功能的一个组件,无缝融入到监控系统中,全图形化界面,易于操作,用

户不必同时熟悉两套软件界面,减轻了运行人员的负担和工作量。

(5) 操作系统方面,同时支持 UNIX/Windows/Linux 不同的操作系统,跨平台灵活配置。

(6) 进入五防开票模式后,除正处于开票模式下的接线图/间隔图外,不影响正常的监控功能(例如告警、数据入库等)。

### 2.4 网络化五防

随着以太网技术、嵌入式软硬件技术的发展,间隔层 IED 设备可以通过站控和间隔层之间的以太网实时交换逻辑闭锁所需要的位置信息,实现间隔层五防功能,达到实用化水平。

#### 2.4.1 传统变电站间隔层五防

传统的间隔层五防功能的实现一般是基于间隔层以太网,采用 UDP 报文机制,间隔层各 IED 设备通过自定义的通信机制进行状态或位置信息的实时交互。

由于UDP通信方式在可靠性方面存在不确定性,所以为了保证全网数据的一致性和实时性,一般还要设计自定义的数据重发机制。

传统实现方式的缺点是各厂家设备都是用私有协议,不同厂家的间隔层设备之间不能进行逻辑闭锁操作,自定义的数据重发机制都存在或多或少的问题,制约了间隔层五防技术的工程应用。

#### 2.4.2 智能化变电站间隔层五防

##### 2.4.2.1 间隔层五防的GOOSE机制分析

IEC 61850通信技术及GOOSE机制的推广应用为间隔层五防功能的实现提供了技术保证,具体表现在:

- (1) GOOSE信息交换是基于发布方/订阅方机制基础上,发布方将值写入发送侧的当地缓冲区,接受方从接受侧的当地缓冲区读数据;
- (2) GOOSE支持的多点之间的点对点通信,适合于数据流量大且实时性要求高的数据通信;
- (3) GOOSE机制是事件驱动的,非常适合于间隔层设备间变位及突发信息的快速传递;
- (4) GOOSE传输服务是应用层到表示层后,直接映射到底层,保证报文的实时性;
- (5) GOOSE机制定义了标准的重发机制,保证了间隔层设备间信息的一致性。
- (6) 智能交换机的网络报文优先级机制,保证了重要信息优先传输。

上述几点分析表明:基于GOOSE机制,通过间隔层GOOSE网络和过程层GOOSE网络非常适合网络化的间隔层五防功能。

### 2.4.2.2 实现间隔层五防的方式

网络化的间隔层五防功能所用的遥信数据是通过GOOSE机制从过程层的智能接口获得,模拟量通过过程层的合并器获得。全站的数据通过开放的GOOSE通信网络实时传送,每台间隔层设备都能及时获得其逻辑闭锁所需的数据,并将这些数据应用于本间隔的控制闭锁逻辑条件判别,从而实现独立于五防主站的间隔层的逻辑闭锁。示意图如图4所示。

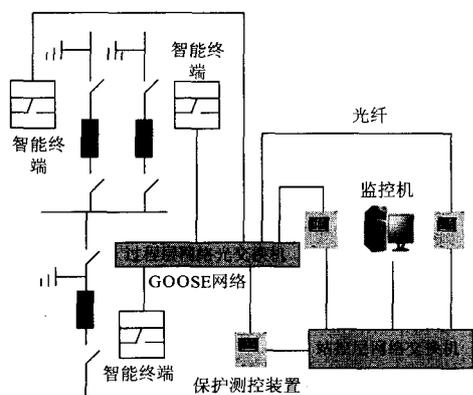


图4 网络化五防在智能化变电站应用图

Fig.4 Application drawing of networking fail-safe unit in the intelligent substation

### 2.4.2.3 实现间隔层五防GOOSE机制优点

网络化五防系统完全依据底层网络信息共享和互操作,在间隔层网络通过运行实时状态识别及逻辑判断综合判断决策,以分散型式在网络底层实现变电站完整的五防操作逻辑闭锁功能,取代了常规的专用电气编码锁,消除了专用五防系统与综自系统之间繁杂的信息校验。

### 2.4.2.4 智能化变电站间隔层五防影响

智能化变电站的间隔层设备和过程层设备之间、间隔层与间隔层设备之间都是通过GOOSE机制实现一次设备之间开关量的采集和控制,过程层智能终端下放,传统的硬接点开入的取消,同时保护屏取消了保护硬压板等,这些新情况也为五防一体化的系统操作模式及防误闭锁提出了新的要求,必然带来运行人员操作习惯的改变,规范和标准还需要在以后的智能化变电站的实际运行中总结和制定。

## 3 结论

目前,国家正大力推广基于IEC61850的智能化变电站技术,随着智能化变电站建设的大量推广,

智能化一次设备和网络化二次设备技术的完善,一体化五防和网络化五防在智能化变电站中的应用会越来越广泛。

## 参考文献

- [1] DL/T687-1999, 微机型防止电气误操作装置-通用技术条件[S].  
DL/T687-1999, To Prevent the Misuse of Microprocessor-based Electrical Installations - General Technical Requirements[S].
- [2] 顾拥军, 皮卫华, 杨乘胜, 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 of Anti-mislock Substation[J]. Relay, 2005, 33(2):66-70.
- [3] 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. 500kV Substation Integrated Automation Application of Anti-mislock[J]. Relay, 2006, 34(18):69-71.
- [4] 崔西鹏, 魏文杰. 五防功能在变电站中的应用发展[J]. 中国科技信息, 2004, 20:108-109.  
CUI Xi-peng, WEI Wen-jie. Five Anti-function Substation Application Development[J]. China Science and Technology Information, 2004, 20:108-109.
- [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(5):23-25.  
SUI Yi-min, HOU Lin, JIE Ping, et al. Interval Layer Protection Against Misuse Implementation Monitoring Device[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(5):23-25.

收稿日期: 2009-09-11; 修回日期: 2009-10-23

### 作者简介:

智全中(1969-), 男, 高级工程师, 从事继电保护管理运行工作; E-mail: MZZZQZ@sohu.com

秦广召(1974-), 男, 工程师, 从事继电保护管理运行工作;

娄伟(1976-), 男, 工程师, 从事继电保护管理运行工作。