一种新型的变电站在线式五防系统的实现

胡 巨[1]，陈宏辉[2]

（1.广东电网公司电力科学研究院，广东 广州 510600；2.广东电网公司茂名供电局，广东 茂名 525011）

摘要：介绍了一种基于 GOOSE 技术的新型变电站在线式五防系统。分析了传统微机五防所存在的缺点，介绍了 GOOSE 技术的基本情况，并对变电站在线式五防系统进行了全面概述。详细分析了该系统具体各模块的实现方式，包括监控后台、测控屏柜、智能操作箱及锁具的实现，针对该系统在运行当中可能出现的各种异常情况提出了处理建议。阐述该在线式五防系统如何设计和实现，能方便地解决传统微机五防的缺点，在今后变电站的五防系统建设中具有良好的应用前景。

关键词：IEC61850；GOOSE；在线式五防系统；智能操作箱；数字化变电站

Application of the on-line anti-maloperation system in substation

HU Ju[1] ,CHEN Hong-hui[2]

(1. Guangdong Power Grid Electric Science Institute, Guangzhou 510600,China；

2. Guangdong Power Grid Maoming Power Supply Bureau, Maoming 525011,China)

Abstract: A new on-line anti-maloperation system based on GOOSE in substation is proposed. First, the shortcoming of the traditional anti-maloperation system is analyzed, the technology of GOOSE is introduced, and the on-line anti-maloperation system based on GOOSE in substation is summarized overall. Afterwards, the operation modes of several modules of the system are analyzed in detail, such as monitor system, measuring and controling device, intelligent control box and lockset. At last, some advices about the system are presented for abnormal situation in performance. It is illustrated that the on-line anti-maloperation system based on GOOSE in substation can settle the problem of the traditional system conveniently and has a bright future of the construction of anti-maloperation system in substation.

Key words: IEC61850；GOOSE；on-line anti-maloperation system；intelligent control box；digital substation

中图分类号： TM76　　文献标识码：A　　文章编号： 1674-3415(2010)19-0118-04

0 引言

近年来，计算机技术在电力系统的普及应用，使电力系统自动化技术水平有了极大地发展。目前在电力系统中应用最为广泛的是监控系统与五防系统分别独立运行模式的传统微机防误闭锁系统。微机防误闭锁系统主要由三个部分组成，即防误主机（或五防模拟屏）、电脑钥匙及现场锁具。其特点是防误主机（或五防模拟屏），将模拟预演后的正确操作步骤传输到电脑钥匙，其后的操作以电脑钥匙为主，来完成闭锁锁具的解锁工作。

但是微机防误闭锁系统也有难以克服的缺点[1]：

1）微机防误闭锁系统基本上都是离线式系统，防误主机不能实时获得操作的执行情况，只有在电脑钥匙回传后，才可以获得相关的操作信息。闭锁逻辑只能在事前判断，不能反映现场变化的情况。

2）微机防误闭锁系统的锁具及其附件类型繁多，装设复杂，容易出现可靠性问题，增加了维护和运行的负担。

3）五防主机与电脑钥匙的通讯是影响系统可靠性的重要因素。

随着 IEC61850 标准在变电站的逐步应用和推广，特别是 GOOSE（面向对象的通用变电站事件）技术的实现，使得在变电站方便实现在线式的五防功能成为可能。本文介绍了一种一体化的在线式五防闭锁系统，能有效消除以上独立微机防误闭锁系统的缺点，并提出了全站的详细设计方案，预备在广东茂名某数字化变电站试点运行。

1 GOOSE 技术

GOOSE（面向对象的通用变电站事件）技术是 IEC61850 标准应用的主要部分[2]，以高速 P2P 通信为基础，为整个变电站 IEC61850 逻辑节点间的通

信提供了快速而高效可靠的方法。

GOOSE 通讯的快速实时性一方面得益于其传输服务直接映射到底层数据链路层和物理层，而不经过网络层和传输层，加速简化了报文的封装、解码等过程；另一方面还采用了较先进的交换式以太网技术，使用了正优先级标志虚拟，从而保证了报文传输的实时性。其次，其消息报文中还包含了数据有效性检查和消息的丢失、检查、重发机制所需各种信息，以保证接收侧能够收到消息并验证执行与其的操作。目前已经有变电站实施了基于GOOSE的控制联闭锁的应用[3-4]。利用 GOOSE 的这种实时性和可靠性，可以将状态量（开关、刀闸位置及操作开放允许信号）迅速可靠地在智能操作箱、测控单元、五防后台之间进行传送。这也是变电站实现在线式五防的基础。

2　在线式五防系统的概述

在线式五防系统是将后台五防与测控装置及智能操作箱通过 GOOSE 信号紧密联系在一起，来实现变电站的五防操作的系统。如图 1 所示。后台通过测控信号反馈实现全站的逻辑闭锁以及顺序票的执行，测控装置实现本间隔的五防逻辑闭锁。在线式五防系统就是将两者信号进行交互，合并后可实现在线式的实时五防闭锁：

1）在线式一体五防操作闭锁系统，通过监控系统获取实时的操作状态，对于非电动开关通过配置带有返回触点的锁具减少电脑回传的次数，每一步五防操作的顺序执行以及操作票的进行，通过获取操作状态信息来进行，从而实现在线式的实时的五防系统，实现操作票的顺序闭锁。

2) 通过测控装置之间的 GOOSE 的闭锁逻辑来实现间隔层的连锁，并由测控装置提供一副闭锁触点串入相应开关刀闸或锁具的操作回路中，实现本间隔的相应对象的测控五防联锁触点。

3）调度遥控需要经过三层五防校验：主要包括对调度遥控对象经后台五防校验，经测控联锁校验、电气闭锁。

4）后台的五防系统在经过操作票预演后，形成五防操作票对应的操作序列，在正常情况下，后台系统在操作票序列激活后仅开放该操作票中相应操作的对象，同时闭锁其他与此操作票有关以及能对该操作票产生影响的操作对象。在此基础上后台对每个操作对象产生两个虚拟信号：1）此对象操作票序列允许信号。2）此对象当前后台五防逻辑是否满足信号。这两个信号通过 GOOSE 传输给测控装置，测控装置接收这两个信号，并参与本地的连锁运算，最终通过运算输出本间隔的测控五防触点给操作回路。

就地操作时，需要经过后台操作票序列闭锁，防止走错间隔，对不应该控制而同时联锁开放的间隔进行控制。

3　在线式五防系统的实现方式

3.1 后台的实现

后台实行一体化五防即五防系统嵌入后台监控系统当中[5]，实时从监控系统获取当前全站的遥信状态。正常情况下任何操作都需要操作票才能进行。针对每一步的操作序列，通过 GOOSE 将对应操作序列信息点置位。只有当相应的操作正确动作并有触点返回后，才确认该操作完成，将操作序列信息点复归并进入到下一步操作或操作结束。

后台经过五防开票，通过 GOOSE 将五防联锁的运算结果即每个操作对象的操作条件是否满足发送给对应的包含该操作对象的测控单元。

后台的遥控操作在操作之前，必须经过自己的一体五防逻辑判断是否允许当前操作。遥控令到达测控装置后，测控装置仅校验测控装置本身的间隔测控联锁虚触点，而不再校验该操作序列是否允许。

后台需具有临时解锁功能,解除后台的开票，允许后台紧急单步操作。

3.2 测控屏的实现

在测控屏柜设计两个把手：一个为远方就地把手（QK），“远方”模式对应调度以及后台的遥控，“就地”模式对应就地操作；另一个为五防把手，1 代表“在线五防”投入；0 代表“在线五防”退出（间隔测控联锁依然运行）；增加一个开关的操作把手（KK），该把手在 QK 打到就地时，可经过 KK 把手对开关进行分合。测控屏上不需要增加解锁钥匙。解锁操作全部在就地端子箱操作。

正常情况下：“在线五防”投入，QK 把手处于“远方”：此时，测控装置最终的测控五防闭锁触点通过间隔测控联锁的判断后输出。即远方遥控情况下，后台与调度发送的遥控令只经过间隔测控联锁连个虚触点。后台的顺序操作仅由后台一体五防逻辑来保证。当“在线五防”投入，QK 把手处于“就地”：此时，测控装置闭锁远方操作，仅可以在测控屏上进行操作；此时测控装置最终的测控五防联锁触点通过：后台五防逻辑、间隔测控联锁、后台五防操作序列允许的“与”逻辑后输出，即就地操作必须经过后台的操作票序列允许，该操作主要目的是为了避免就地操作时走错间隔而产生误操作。当“在线五防”退出时，测控装置的测控五防闭锁触点

仅经过测控装置的间隔联锁逻辑输出。

3.3 智能操作箱的实现

智能操作箱可以与测控单元进行 GOOSE 信号的收发联系[6]。智能操作箱一方面采集本间隔的开关、刀闸等位置信息上送给测控单元，另一方面接收测控单元发送的操作允许的 GOOSE 信息。测控单元对应的智能操作箱针对每一个可操作对象应提供分合各一副闭锁触点串入操作回路。当操作箱收到测控装置发送的所对应对象的测控五防联锁触点开放 GOOSE 信号后，则该操作对象可以进行操作。同时智能操作箱提供一副紧急解锁的万能钥匙，以应对当 GOOSE 断链无法获取联锁结果而闭锁联锁触点时，运行人员到就地紧急操作时能够通过把手从外回路将联锁触点隔开，进行就地紧急控制。同时在就地端子箱上应具有“远方/就地”的 QK 把手，该把手打到就地后，仅允许在端子箱内就地操作。同时该远方就地把手信号需要送到测控装置中，从而保证端子箱内就地操作时能通过操作票序列的校验。

3.4 锁具的实现

选用一种可以实时触点返回的锁具。在运行人员现场操作完毕，且刀闸操作到位后，提供返回的触点通过硬接线给智能操作箱或测控装置，从而实现该操作的反馈。

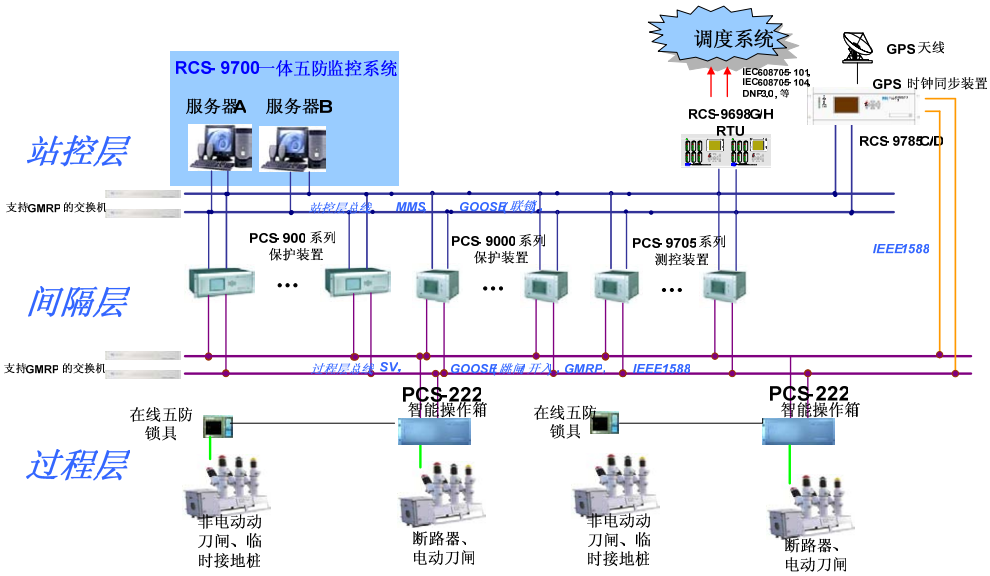

图 1 变电站在线式五防方案系统图

Fig.1 Construction of on-line anti-maloperation system in substation

4 在线五防的应用

当在后台进行遥控操作时，正常情况下，在线五防联锁把手处在“投入”模式，后台每步操作都必须经过后台的五防逻辑判断和操作票顺序判断；同时经过测控装置的联锁逻辑判断，如果条件满足，则相应的操作回路中的测控五防联锁闭锁触点会相应闭合，并最终通过操作箱实现分合闸命令。

当远方调度进行遥控联锁操作时，调度只经过测控单元的间隔联锁、电气闭锁。

当转为就地操作时，测控屏以及智能汇控柜的就地操作都需要经过操作票序列校验以及后台五防以及间隔测控联锁校验。

对临时接地桩以及非电动刀闸的操作：当操作票执行至非电动刀闸或临时接地桩时，通过测控装置相应的测控五防联锁 GOOSE 触点导通其操作回路，运行人员进行机构操作后，由五防锁具确认其机构是否操作到位，并提供返回触点通过硬接点方式回送给测控装置，从而完成相应操作票操作。

对非联锁对象的遥控以及开关的紧急操作：对于非联锁对象（包括档位、AVC 等）以及调度对开关的紧急操作，不经过任何五防闭锁操作，该操作可经过正常的遥控完成所有操作。

5 实际操作异常问题及解决措施

本在线式一体化五防系统也考虑了几种异常情况下的操作解决措施。

1）当后台一体五防无法工作时：当后台一体五防遇到紧急情况无法执行相应的操作票顺序并发出

正确的五防解锁信号时，测控装置提供一个“在线五防”的退出把手，测控装置的测控五防联锁闭锁触点不再经过监控五防，而是直接由本间隔的闭锁逻辑完成逻辑运算，并将测控五防联锁闭锁触点输出给操作箱。

2）测控装置无法工作或者遭遇 GOOSE 断链时：当测控装置遇到紧急情况无法完成正确的联锁运算或者 GOOSE 断链无法将正确内容发送给操作箱时，在本间隔就地的端子箱提供一副万能钥匙，能够完成该间隔的所有可控刀闸的解锁，并就地操作。该间隔的防误闭锁功能完全由一次设备的电气联锁完成。

6　结语

近年来，随着 IEC61850 标准在变电站研究应用的逐步深入，对传统变电站的运行方式有了新的理念。本文介绍的基于 GOOSE 技术的在线式一体化五防系统能有效地解决传统微机五防系统带来的离线式操作状态不实时、五防锁具容易损坏等弊病，为变电站的五防操作提供了一种全过程可控的可靠操作模式，从而有效地避免变电站误操作的发生。相信本在线式五防系统在不久的将来，会在变电站中得到广泛的应用，为保证电网的安全可靠运行提供有效的手段。

参考文献

[1] 刘平，张贺伟，孙红燕. 变电站网络化五防闭锁系统的研究[J]. 河北电力技术，2009，28（4）：5-8.
LIU Ping, ZHANG He-wei, SUN Hong-yan. Research of transformer substation network five-proof blocking system[J]. Hebei Electric Power, 2009, 28（4）: 5-8.

[2] IEC61850 变电站通信网络和系统系列标准[S]. 全国电力系统控制及其通信标准化技术委员会，2002.
IEC61850 communication networks and systems in substations[S]. The Technical Committees of IEC of China Responsible by SGEPRI, 2002.

[3] 徐礼葆，周文，陈学明. GOOSE 在变电站安全闭锁的应用[C]. //中国电力系统保护与控制研讨会论文集.
XU Li-bao, ZHOU Wen, CHEN Xue-ming. Application of GOOSE of safety interlocking in substation[C]. //Colloquium of Protection and Control of China Electric Power System Conference.

[4] 孙一民，侯林. 间隔层保护装置防误操作的实现方法[J]. 电力系统自动化， 2006，30（11）：81-85.
SUN Yi-min, HOU Lin. 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.

[5] 赵金荣，王海峰. 基于嵌入式以太网的变电站自动化系统的实现[J]. 电力系统自动化, 2004，28（11）：79-82，89.
ZHAO Jin-rong, WANG Hai-feng. Implementation of substation automation system based on the embedded ethernet technique[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28（11）: 79-82, 89.

[6] 徐成斌，孙一民. 数字化变电站过称层 GOOSE 通信方案[J]. 电力系统自动化， 2007, 31(19)：42-45.
XU Cheng-bin, SUN Yi-min. Communication scheme of procedure level GOOSE in digital substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(19): 42-45.

收稿日期：2010-03-17；　　修回日期：2010-05-06

作者简介：
胡　巨（1979-），男，工程师，硕士研究生，主要从事电网自动化的研究和应用工作。E-mail: hufreedom@163.com

（上接第 80 页　continued from page 80）

XU Wen-yuan，ZHANG Da-hai. A modal analysis method for harmonic resonance assessment[J]. Proceedings of the CSEE，2000，20（6）：47-52.

[16] 周辉，吴耀武，娄素华，等. 基于模态分析和虚拟支路法的串联谐波谐振分析[J]. 中国电机工程学报，2007，27（28）：84-89.
ZHOU Hui，WU Yao-wu，LOU Su-hua，et al. Series resonance analysis based on modal analysis and dummy branch method[J]. Proceedings of the CSEE，2007，27（28）：84-89.

[17] Bellman R. Introduction to matrix analysis[M]. Second edition. New York：McGraw-Hill Inc，1970.

[18] Perez-Arriaga I J，Verghese G C，Schweppe F C. Selective modal analysis with applications to electric power systems I. heuristic introduction[J]. IEEE Trans on PAS，1982，101（9）：3117-3125.

收稿日期：2009-10-29；　　修回日期：2010-01-02

作者简介：
徐志强（1977-），男，工程师，博士，主要从事电力系统继电保护与故障诊断方面的研究。E-mail: zhiqiang_jz@163.com