

基于 IEC 61850 的超高压变电站联锁控制系统改造的应用

陈希炜¹, 谢文涛², 张敏¹, 丁明¹

(1. 上海威能电力科技有限公司, 上海 200030; 2. 国信扬州发电有限责任公司, 江苏 扬州 225131)

摘要: 结合扬州第二发电厂一期 500 kV 升压站联锁控制系统的改造, 提出了一种基于 IEC 61850 标准的超高压变电站联锁控制系统的改造方案。项目采用了符合 IEC 61850 标准的通讯网络和测控单元, 重新设计了电气联锁的控制方式及二次回路。500 kV 跨间隔的联锁信息采取两种方式传送, 在联锁逻辑形成前添加了信息的校验和切换过程, 这种方法易于二次控制系统的扩展, 并为信息的维护提供了便利条件。项目设计方案和实施过程有效降低了对发电厂运行的影响, 并使得原有联锁系统的可靠性得到加强。所提方案既完成了 IEC 61850 标准下老旧电气联锁控制系统的改造, 又尽量降低了对超高压变电站一次系统运行的影响。

关键词: IEC61850 标准; 超高压变电站; 联锁控制; GOOSE; 信息传送与校验; 操作可靠性

Application of interlocking control system modification in EHV substation based on IEC 61850

CHEN Xi-wei¹, XIE Wen-tao², ZHANG Min¹, DING Ming¹

(1. Win-power Electric Power Technology Co.,Ltd, Shanghai 200030, China;

2. Guoxin Yangzhou Power Plant Ltd, Yangzhou 225131, China)

Abstract: In light of 500 kV booster station interlocking control system (ICS) modification for Yangzhou No. 2 power plant, a new improved scheme of EHV station ICS is presented based on the IEC 61850 standard. In this project, the communication network and bay control units, which accord with IEC 61850 standard, are utilized, meanwhile the electric interlocking control mode and secondary circuit are redesigned. Two ways are adopted to transmit the interlocking message between 500 kV stations, in addition, two operation message checkout and switching is added before the interlocking logic formed. This method is facile to expand the secondary control system, and a lot of convenience is provided for information maintenance. The operation impact of power plant is effectively reduced by the implementation of project scheme, and the reliability of the interlocking control is improved significantly. The application of the proposed method completes the transformation of old ICS under the IEC 61850 standard. And as for EHV station, the method also reduces the operation impact of primary system.

Key words: IEC 61850 standard; EHV substation; interlocking control; GOOSE; transmitting and checking of messages; operation reliability

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)15-0123-04

0 引言

IEC 61850 是为未来变电站自动化系统所制定的统一标准^[1]。近几年, 基于 IEC 61850 标准体系的变电站自动化技术得到了快速发展, 2006 年, 我国就已将该标准列入重点应用新技术目录^[2]。符合这种标准的一些项目已推广应用^[3-5]。在 IEC 61850 标准体系下, 智能电子设备之间可实现信息共享和互操作, 为在间隔层实现闭锁控制方式提供了很好的基础。

电气联锁系统是保障超高压变电站的电气系统操作安全性的重要手段, 防止电气误操作的控制策

略及可靠性原则的技术要求极高。在我国的电力系统中, 存在着大量上世纪八九十年代建设的发电厂和变电站, 它们的开关设备二次系统样式繁多, 且比较老旧, 需要采用新的技术标准进行改造。文献[3]在调试中引入模拟屏等运行设备, 作为调试和运行系统翻接过程的过渡手段。文献[4]是从 ECT/EVT 设备改起的全面改造, 二次系统相当于重建。文献[5]所述为新站。

本文应用 IEC 61850 标准实现了对发电厂 500 kV 升压站电气联锁系统的改造, 设计方案和实施过程有效降低了对发电厂运行的影响, 并使得原有联锁系统的可靠性得到加强。

1 总体设计

1.1 原系统简介

扬州第二发电厂一期500 kV 升压站为户外布置型式，建成于九十年代末，为二机（变）二线交错配置构成两串的“一个半”断路器接线方式。

站内开关设备的原电气控制系统以西门子公司的 8TJ 型机械式电气联锁控制单元为核心，采用了传统的电磁继电器扩展和二次硬接线的设计方式，使得控制及联锁回路极其庞大和复杂。自投产以来，逐步暴露出直流系统过大而易误报接地、二次接线过于复杂而难于维护，而且控制设备日趋老化、系统扩展难度大。

为了保证发电厂的可靠运行，并考虑二期工程扩展需要，经论证决定采用符合 IEC 61850 标准的高压间隔测控单元为核心，进行重新设计和分步骤实施改造。

1.2 测控单元与通讯网络结构

按高压断路器间隔配置，将一个间隔内所有开关设备的全部数据信号和控制功能由一个智能化的测控单元完成，选用西门子公司 Siprotec 4 系列的 6MD66 型，并建立以 100 Mbit/s 光纤为通道构成的冗余通讯网络如图 1 所示。

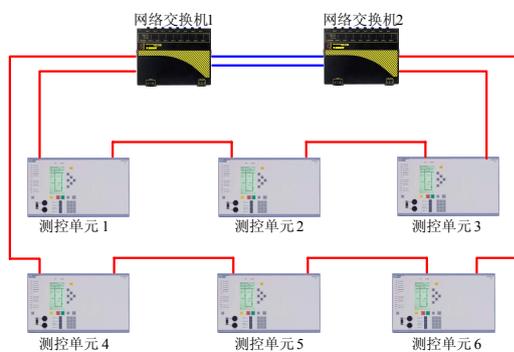


图 1 测控单元光纤通讯结构图

Fig.1 Structure of bay controllers to optical communication

这个通讯网络是符合 IEC 61850 标准的开放型网络层。通过“网络交换机”预留的接口，可以在扩展接入二期间隔设备时，不影响本期系统的运行，向上还可以接入站控级设备和自动化系统。目前，仅设置一个远程维护工程师站。

每个 6MD66 测控单元被设置为一个独立的网络地址。由于该单元内置了可自动进行路由切换的光以太网交换机，因此，在图 1 所示的网络中，任何单一的测控单元内置交换机或光纤的通讯环路故障，均不会造成通讯信息交换失败。

1.3 控制方式

利用原有操作方式中的控制信号接入条件进行改造。设计 500 kV 开关站控制方式分为三级，按控制优先级由高到低依次为：设备就地操作——间隔层测控单元控制（站控）——远方主控室控制（远控），同一时间只允许一个控制级别有效。对于每一间隔内任何开关的操作，应保证只有在上一次操作完成后，才能进行下一步操作。

每个间隔的控制权限通过设置“远方/就地”钥匙旋钮来选择。当旋钮为“就地”位置时，来自主控室的远控命令将不能执行，只可以进行站控和就地的操作。

改造中设计了“解除联锁”钥匙开关 S1，作为设备强制操作时，退出逻辑闭锁的备用手段。

2 开关控制回路设计

2.1 断路器

断路器为直流电源控制，合闸控制为“2 极”回路方式，分闸控制为“1 极”回路方式。K202 继电器扩展为 6 个触点，分别对应于两组分相的跳闸线圈回路。具体控制电路如图 2 所示。

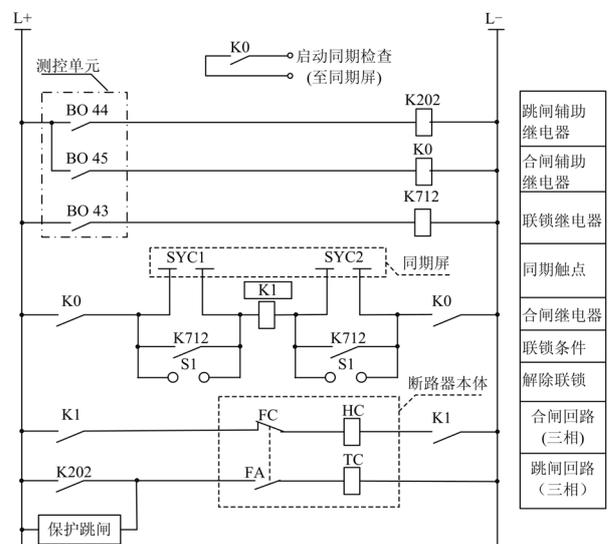


图 2 断路器控制回路原理图

Fig.2 Control connection of circuit-breaker

在图 2 中，测控单元的命令输出 B044、B045 分别是断路器分闸、合闸的控制触点，是在满足设备联锁允许（Release）条件下，执行由远控和站控的控制命令。输出 B043 是在就地操作时，当运行方式满足检修状态下的联锁允许信号。

当执行运行条件的合闸操作时，输出 B045 触点闭合后为预合闸信号，在接通合闸中间回路的同时，

启动同期检查, 最终由同期触点使断路器合闸。在执行检修条件的合闸操作时, 输出 B043 先期闭合, 输出 B045 触点闭合为合闸信号, 驱动 K0 继电器, 使断路器合闸。在这两种操作时, 输出 B045 保持闭合的时间不相同, 以满足断路器在两种动作要求下的最长待合时间后, 收回合闸控制令。

在“解除联锁”情况下, 可通过按下 K0 继电器上的触头连杆来完成合闸操作。

2.2 刀闸开关

隔离/接地刀闸开关的执行机构是一个可以正/反转的电动机, 控制回路采用交流电源。控制电路如图 3 所示。

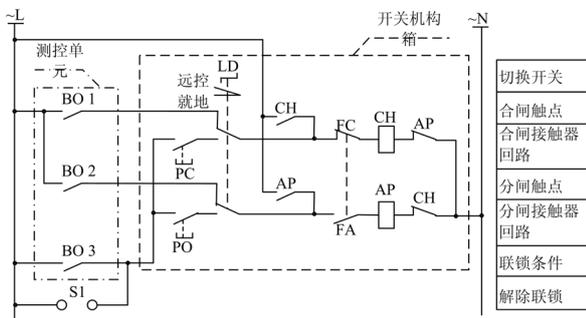


图 3 刀闸开关控制回路原理图

Fig.3 Control connection of switches

在图 3 中, 测控单元的命令输出 B01、B02 触点分别为隔离开关合闸、分闸的控制触点, 是在满足设备联锁要求满足情况下, 执行由远控和站控发出的控制命令。

隔离/接地刀闸等开关设备之间存在严格的安全约束条件, 从安全性考虑, 即便是“就地”控制状态下, 仍需由测控单元提供的“联锁允许”触点进行判断。只有特殊情况下的应急操作, 才由 S1 开关解除联锁后执行。

3 联锁控制设计

电站联锁控制的要求是, 通过监视相关开关设备状态的操作条件, 并根据已制定的逻辑闭锁规则, 只允许符合规则的操作命令, 从而避免操作过程可能引起故障或产生危险。

本站原有的控制系统的联锁回路为全站大联锁设计方案, 即在一个电源回路下实现所有开关设备的联锁判断^[6]。这是为了保证操作唯一性的需要。当操作某台设备时, 被操作设备的分、合闸重动继电器触点将汇控箱其他电气设备的联锁电源断开, 从而实现本时刻的操作唯一性。

本次改造设计中, 改为各间隔局部联锁方案。

3.1 测控单元的联锁判断

6MD66 测控单元为西门子新一代的 Siprotec 4 系列自动化产品之一, 是很好的自定义测控平台。它配有显示主接线的大液晶面板和就地操作手段。在软件功能上, 除包括测量计量、控制(同期)等测控功能外, 还提供了自定义逻辑信息及 CFC 功能。CFC 相当于一个程序“pool”, 测控单元的硬件及采集的信息, 以及自由创建的信息, 都可以在这个 pool 中进行缓冲和逻辑编程。6MD66 工作原理如图 4 所示。

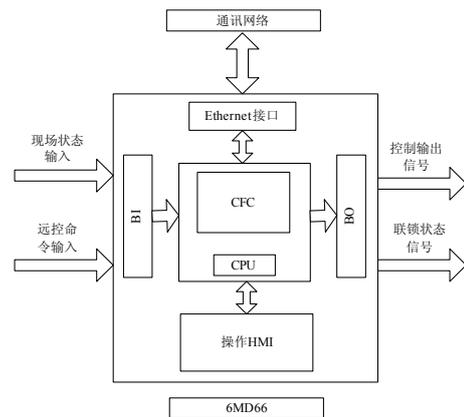


图 4 测控单元原理框图

Fig.4 Block diagram of 6MD66 bay controller

测控单元以 BI (二进制输入) 方式, 采集了本间隔内各开关设备(断路器、隔离/接地刀闸开关、电压继电器等)的所有状态信息, 并通过通讯网络收到其他间隔的信息。利用 CFC 功能, 根据设备的合分闸策略编制各开关设备的联锁规则。在不同的控制方式下, 6MD66 测控单元输出相应的控制信号和联锁允许信号。

3.2 跨间隔联锁信号传送

GOOSE 机制是 IEC 61850 标准中最主要的应用内容之一, 是实现互操作性的关键。6MD66 测控单元实现了对所有数据信息的建立模型。单元内部及被控设备的状态信号, 自由创建的信息, 都是可以按 IEC 61850 标准进行建模描述, 并能够以通讯方式进行传送。在 DIGSI 4 调试软件的环境下, 只需以下配置工作即可完成信息互联:

1) 在各单元中创建中间缓冲信息点, 以接收由网络 GOOSE 传送来的数值;

2) 创建“IEC61850 station”, 为各 6MD66 测控单元指定 IP 地址, 并根据功能需要将纳入到同一个 VLAN (虚拟局域网) 中;

3) 在“Subnet”和 GOOSE 应用中, 按“发布/订阅”模式将传递的信息文本进行链接;

4) 完成上述网络定义和链接后, 对所有测控单元的参数组进行更新即可。

在超高压开关设备的电气控制中, 联锁策略的逻辑判断需接收采用其他间隔的设备状态信息。在本文改造设计中, 这些跨间隔的信息采用了两种方式传送:

- (1) 接入联锁关联设备的状态辅助触点;
- (2) 通过 GOOSE 接收联锁设备的状态信息。

由于本文改造是分步骤实施改造的, 这种传送方式满足在部分间隔未改造、通讯网络未完全建成情况下的运行要求。此外, 联锁信息的双通道接入也提高联锁控制的可靠性。

当本间隔内的任何一台开关设备处于操作过程中, 测控单元可以将此过程状态发布至网络, 用于闭锁其他间隔的设备操作。这样, 就保证了全站在同一时刻只能对一个对象进行操作的要求。

4 联锁信息的可靠性措施

改造完全实施后, 跨间隔之间的联锁信息传递来源于两种通道。因此, 如果二次回路故障, 或通信系统故障, 都会使得“订阅者”6MD66 测控单元得到“发布者”的信息出现不一致。为此, 需要鉴别网络通信异常的情况, 进行区别处理并产生了联锁信息监视和通讯切换问题。

图 5 是联锁信息监视的判断逻辑。由于光纤通道是环网结构, 且 6MD66 单元所配置的两个交换机通道可切换, 因此, 只有两个通道都出现故障时, 从通讯 GOOSE 而来的信息为不确定信息 (既不是“0”, 也不是“1”), 此时判断逻辑将产生“信息不一致”信息, 作为中间信息。

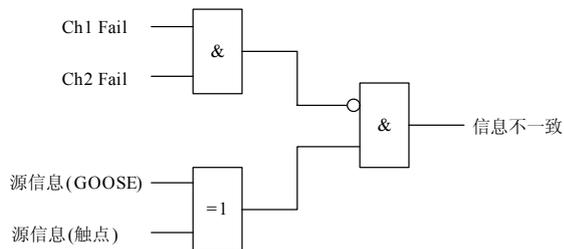


图 5 信息监视逻辑图

Fig.5 Logic diagram of interlocking message supervising

在通讯正常时, 如果由“发布者”接入的触点信息和通讯 GOOSE 信息不同, “信息不一致”信息可进行两种应用: ①干预联锁逻辑, 将该信息参与的联锁逻辑进行闭锁, 使所对应的开关设备不能操作; ②用于报警, 信息将启动一个总告警信号, 同时作为“事件”, 在 6MD66 单元的事件列表中可得到记录

和查询。

以网络通讯的 GOOSE 信息具有较高的优先级, 联锁信息的选择逻辑如图 6 所示。

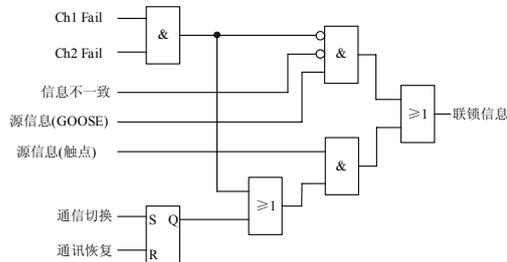


图 6 联锁信息选择逻辑图

Fig.6 Logic diagram of interlocking message selection

当网络通信中断情况下, 由关联间隔“发布”的信息可自动切换为触点信息, “订阅者”联锁设备的联锁逻辑判断可以进行, 当条件满足时可以进行操作, 但 6MD66 单元发出报警信息。

当联锁系统全部建成后, 出现“信息不一致”的情况下, 应由运行人员检查和处理相应的二次回路故障。若需要对“订阅者”间隔联锁设备的应急操作, 可通过 6MD66 单元的操作方式, 选择参与逻辑的源信息为无源触点信息。此功能设置, 在阶段性改造实施期间非常便利。

以上逻辑功能, 均在“订阅者”间隔的 6MD66 测控单元中实现。

5 结语

扬州第二发电厂 500 kV 升压站电气联锁控制改造项目基于 IEC 61850 标准及相应的智能单元, 实现了分步骤的有序实施, 并在改造期间未影响发电厂的机组运行。通过对开关设备的电气控制回路以及联锁逻辑单元的改造, 具有二次回路简单、电缆接线大大减少、安装调试方便、运行维护简单等诸多优点; 改造中采用联锁信息的双通道接入设计方案, 不但为分步骤施工提供了便利, 也为日后运行提供了校验手段, 增加电气联锁的可靠性。

新的电气联锁控制系统在间隔层设备上实现, 不依赖于后台计算机及任何监控软件。经过两年多的连续运行检验, 证明它是一种先进、安全、经济的电气控制系统。对于类似的超高压变电站 (开关站) 的升级改造, 具有一定的参考意义。

参考文献

[1] 任雁铭, 秦立军, 杨奇逊. IEC61850 通信协议体系介绍和分析[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(8): 62-64.

(下转第 160 页 continued on page 160)

(11) : 28-31.

XU Zhi-xiang, HOU Shi-ying, ZHOU Lin, et al. Power system harmonic state estimation based on singular value decomposition[J]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26 (11) : 28-31.

[9] 侯世英, 汪瑶, 祝石厚, 等. 基于相量量测的电力系统谐波状态估计算法的研究[J]. 电工电能新技术, 2008, 27 (2) : 42-46.

HOU Shi-ying, WANG Yao, ZHU Shi-hou, et al. Study of phasor measurements based power system harmonic state estimation algorithm[J]. Advanced Technology of Electrical Engineering and Energy, 2008, 27 (2) : 42-46.

[10] 周念成, 谭桂华, 赵渊, 等. 一种计及参数误差的电网谐波状态估计方法[J]. 重庆大学学报, 2009, 32 (2) : 146-150.

ZHOU Nian-cheng, TAN Gui-hua, ZHAO Yuan, et al. A method for considering parameter errors in power system harmonic state estimation[J]. Journal of Chongqing University, 2009, 32 (2) : 146-150.

[11] Ma Haili, Girgis A A. Identification and tracking of harmonic source in a power system using a Kalman filter[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1996, 11 (3) : 1659-1665.

[12] Kent K C Yu, Watson N R, Arrillaga J. An adaptive Kalman filter for dynamic harmonic state estimation and harmonic injection tracking[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2005, 20 (2) : 1577-1584.

[13] 徐志向. 基于奇异值分解算法的谐波状态估计及谐波源定位的研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2006.

XU Zhi-xiang. Harmonic state estimation of singular value decomposition-based and harmonic source location research[D]. Chongqing: Chongqing University, 2006.

[14] 吴笃贵, 徐政. 基于相量量测的电力系统谐波状态估计(II)-可观性、质量评估与算例研究[J]. 电工技术学报, 2004, 19 (3) : 76-81.

WU Du-gui, XU Zheng. Power system harmonic state estimation based on phasor measurements (II) —— observability analysis, quality evaluation algorithm and example studies[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2004, 19 (3) : 76-81.

[15] 祝石厚, 侯世英, 吕厚余. 电力系统谐波分析的有效方法-谐波状态估计技术综述[J]. 现代电力, 2007, 24 (3) : 6-10.

ZHU Shi-hou, HOU Shi-ying, Lü Hou-yu. Analysis method for power system harmonics —— review on harmonic state estimation[J]. Modern Electric Power, 2007, 24 (3) : 6-10.

收稿日期: 2009-09-04; 修回日期: 2010-05-04

作者简介:

梁志瑞(1959-), 男, 教授, 研究方向为电力系统及其自动化、电力系统广域测量技术与应用;

叶慧强(1971-), 男, 助理工程师, 主要从事配网输电、电网基建、工程管理等工作;

赵飞(1982-), 男, 硕士, 研究方向为电力系统广域测量技术、光伏发电技术。E-mail: zhaofei1982121@163.com

(上接第 126 页 continued from page 126)

REN Yan-ming, QIN Lin-jun, YANG Qi-xun. Study on IEC 61850 communication protocol architecture[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(8):62-64.

[2] 国家电网公司. 国家电网公司重点应用新技术目录(2006年第一批)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.

[3] 高翔, 周健, 周红, 等. IEC 61850 标准在南桥变电站监控系统中应用[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (16): 105-107.

GAO Xiang, ZHOU Jian, ZHOU Hong, et al. The application of IEC 61850 standard in monitoring system of Nanqiao substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (16):105-107.

[4] 李瑞生, 王锐, 许沛丰, 等. 基于 61850 规约的洛阳金谷园 110 kV 数字化变电站工程应用实践[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (10):76-78.

LI Rui-sheng, WANG Rui, XU Pei-feng, et al. Application practice of Luoyang Jingyuan 110 kV digital substation based on IEC 61850[J]. Power System

Protection and Control, 2009, 37 (10):76-78.

[5] 张海平, 秦志国. IEC 61850 变电站自动化系统在供电整流系统中的应用与分析[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36 (12):78-82.

ZHANG Hai-ping, QIN Zhi-guo. Application and analyzing of IEC 61850 system in substation at commutating supply system[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36 (12):78-82.

[6] 谢文涛. 浅析 500 kV 升压站防误操作系统[J]. 华东电力, 2000(6): 28-29.

XIE Wen-tao. Analyzing of against misuse system of 500 kV substation[J]. East China Electric Power, 2000(6): 28-29.

收稿日期: 2009-12-18; 修回日期: 2010-04-23

作者简介:

陈希炜(1970-), 男, 硕士, 从事电力保护与自动化项目技术管理及设计工作; E-mail:chen.xiwei@win-power.net

谢文涛(1968-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事继电保护与自动化运行与管理工作。