

# 500 kV 变电站自动化系统实时远程维护实现

梁运华, 沈梦甜

(湖南省电力公司超高压管理局, 湖南 长沙 410015)

**摘要:** 利用 IEC60870-5-104 远动规约支持 TCP/IP 网络协议和其他现有资源, 实现了在集控自动化主站实时远程维护 500 kV 子站智能设备, 包括远动通信工作站、后台服务器等。通过在 500 kV 变电站自动化系统和集控主站分别搭建远程维护子网, 结合 2M 专用远动通道, 实现了远程实时维护子站自动化设备, 特别实现远程遥控复归异常远动通信工作站。该维护方法有效提高缺陷处理及时性、相关设备利用率, 在湖南省 500 kV 电网得到推广。

**关键词:** 远程维护; 变电站自动化系统; 集控自动化系统; IEC60870-5-104

## Realization of real-time remote maintenance in 500 kV substation automation system

LIANG Yun-hua, SHEN Meng-tian

(Hunan Provincial EHV Transmission & Transformation Bureau, Changsha 410015, China)

**Abstract:** The paper uses IEC60870-5-104 remote statute to support TCP/IP network protocol and other existing resources. At the same time, it researches and realizes remotely maintaining 500 kV substation intelligent device, such as telecontrol communication workstations, background servers etc, in the main station centralized control automation system in real time. Through setting up remote maintenance subnets in 500 kV substation automation system and in center-controlled main station respectively, together with 2M digit telecontrol channels, the automatic device of substation remote real-time maintenance is realized. What's more, it helps the remote resetting of exceptional telecontrol communication workstations. The real-time remote maintenance method handles defects more timely and improves the utilization ratio of related facilities. This method has been widely used in the 500 kV power system in Hunan province.

**Key words:** remote maintenance; automation of substation; concentrated controlling automation; IEC60870-5-104

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)14-0165-04

## 0 引言

2008 年 11 月, 全国首家省级 500 kV 变电站集控自动化系统, 在湖南省超高压管理局正式投运。500 kV 变电站无人值班+集中监控新型管理模式, 在湖南省电力公司也相伴实施。该集控自动化系统到各 500 kV 变电站, 采用了 2 个 IEC104 远动规约的 E1 专用通道。预计到 2015 年截止, 湖南境内 500 kV 变电站的数量将由当前的 14 座增至 31 座 (其中许多站分布比较偏远), 均要求接入 500 kV 集控自动化系统。

另外, 由于 500 kV 集控自动化系统需采集远动信号量大, 将高达 5 000 点/站, 平时难免不出现少量远动信息需修改现象如: 需修改子站通信工作站中某个信号的名称描述、点号、设置 SOE、配置事故总信号及遥测系数等。该类型缺陷处理简单, 所

需时间很短 (可能只需几分钟), 而派车、派人去子站现场常规处理模式, 舟车劳顿时间远大于实际处理缺陷时间。显然, 常规维护模式已不能适应新的运行维护模式, 最严重状况下, 因主站不能及时复归异常通信工作站装置, 导致各级调度主站可能出现监控中断事故, 不利电网安全稳定运行。查阅相关文献<sup>[1-9]</sup>, 国内在远程维护方面做出了一定研究, 但 500 kV 变电站自动化系统实时远程维护的实现, 仍需作进一步探讨和试验。

## 1 远程维护系统构成

该维护系统能够实现在主站远程维护子站远动管理机、后台工作站等自动化设备。整个远程维护系统由主站侧和子站侧两部分组成。对于主站侧而言, 将维护工作站接入在集控主站前置数据采集网, 就完成了主站内维护子网搭建工作。从图 1 可以看

出, 维护业务数据从维护工作站->前置数据采集网->远动 E1 网桥->SDH 光纤通信网->目标子站。

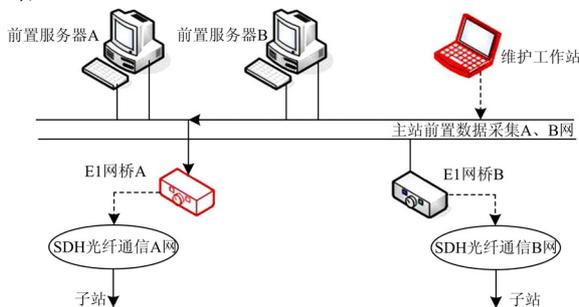


图 1 主站远程维护子网拓扑图

Fig.1 Sketch of remote maintenance sub-network for master station

同时, 子站侧维护子网搭建也比较简单。首先, 增置一台维护子网专用交换机(工业级); 其次, 在综自后台机(维护)工作站上新增一块 100 M 网卡(便于远程维护综自后台服务器); 最后, 再通过五类双绞网络线, 将通信工作站(至集控的 LAN 口)、维护后台服务器新增 LAN 口和 E1 网桥 LAN 口, 分别接入维护交换机, 且将上述设备网卡的 IP 地址/子网掩码应设置为同一网段, 从而构成子站维护子网。具体如图 2 所示。

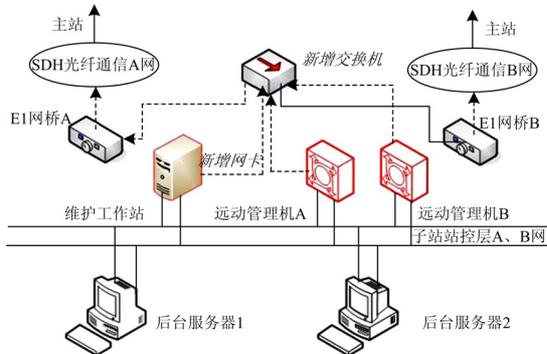


图 2 子站维护子网拓扑图

Fig.2 Sketch of remote maintenance sub-network for substation

## 2 具体实现

### 2.1 软件维护功能

目前, 500 kV 综自系统厂家的通信工作站均配备了专用调试、维护软件, 本次仅需结合远程维护特点, 在其原有基础上, 再适量修改、增加部分功能, 具体如下:

(1) 根据相关反事故技术措施要求(遥控操作须双人双机操作), 故本维护软件需屏蔽遥控功能, 防止维护过程中出现遥控误出口。

(2) 增加通信工作站远程装置运行日志、实时

远动报文监视、通道工况监视、遥信(测)人工置数等功能。

(3) 在集控主站维护工作站上(笔记本), 利用 Xmanager 软件(运行在 Windows 平台上的 X Server 软件, 通过 SSH 安全协议, 能把远端 Unix/Linux 桌面无缝地带到 Windows 上, 运行远端的 X 应用程序), 直接操作远程子站综自系统 Unix 维护工作站, 完成查看、修改程序及数据库参数等操作工作。

### 2.2 通信工作站远程复归

通信工作站出现异常后, 需及时复归通信工作站, 以防调度(集控)端监控中断, 形成电网事故隐患。当通信工作站部分通讯程序可能已“跑飞”(异常), 但相应程序未能自动复归, 此时若采用专用维护软件远程进行复归, 已不能与其建立通讯连接, 故无法对其进行“软”复归操作, 只能通过第三方的手段来实现装置复归操作(硬复归)。

### 2.3 通信工作站装置远程断电复归

(1) 远程“冷复归”实现原理

对于该通信工作站远程断电复归主要分为两个部分组成: 其一, 在集控自动化系统和相应子站通信工作站中增加 2 个“遥控”点号, 每台通信工作站远程复归均有唯一 1 个“遥控”点号; 其二, 在子站公用测控装置上为每台通信工作站分别增加二次遥控复归回路, 即在该相应遥控开出回路中串接一个 220 V 中间继电器工作线圈, 再利用该中间继电器的一对动断触点来控制通信工作站装置电源。

具体思路: 当子站一台通信工作站出现异常, 且集控主站监视到通信工作站异常告警信号后, 需对其进行远程复归操作。在集控主站侧成功下达遥控复归命令几秒钟后, 子站通信工作站收到集控主站遥控命令, 通过站控层网络向公用测控装置转发主站遥控命令, 当公用测控装置收到相应遥控命令后, 闭合相应动合触点(此动合触点保持时间设置为 1 s), 此时中间继电器(1ZJ)也捕获到该变化信息, 同时打开其动断触点(1ZJ), 使得远动装置+110 V 电源失电, 实现了集控主站远程“冷复归”异常通信工作站的功能。具体原理如图 3 所示。

子站侧远程复归回路电流路径为: 从+KM1(直流控制母线正极)->公用测控装置的遥控动合触点(此时已闭合)->中间继电器 1ZJ 的电流线圈->-KM1(直流控制母线负极); 中间继电器 1ZJ 的电流线圈励磁后, 会打开其动断触点 1ZJ; 此时, 另外一条支路的电流路径: 从+KM2->1ZJ(一对动断触点)->通信工作站->-KM2(+KM, -KM 为通信工作站装置电源), 会出现中断, 动断触点

1ZJ 会打开动断触点, 从而使得通信工作站装置失电。

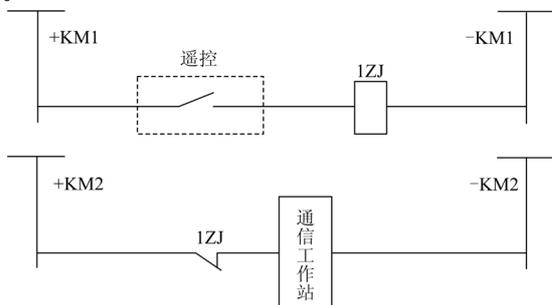


图3 通信工作站远程硬复位原理图

Fig.3 Sketch of remote hard reset for communications workstation

选择该方法, 中间继电器动断触点长期有电流, 容易造成该触点老化, 运行一定时间后, 可能造成该触点接触不良, 引起通信工作站频繁误复位, 因此需定期更换该中间继电器。另外, 该方法比较容易施工, 不需厂家等第三方技术支持, 且实施成本也相对较低。

### (2) 通信工作站装置硬件“看门狗”强制复位

通信工作站作为工控系统均具备硬件看门狗功能, 该功能是利用一个定时器电路, 定时输出连接到电路的复位端, 程序在一定时间范围内对定时器清零 (俗称“喂狗”), 因此程序正常工作时, 定时器总不能溢出, 也就不能产生复位信号。正常情况下, 如果程序出现故障, 定时周期内未复位看门狗, 就使得看门狗定时器溢出, 产生复位信号并重启系统。若看门狗设计复位逻辑不合理, 或对部分系统故障无法识别时, 看门狗就有可能不能自动复位系统, 尤其对于多任务、多进程系统更是如此。因此, 将看门狗电路芯片的复位引脚引到装置外面, 并外接光隔离器 (防止外部干扰引起的误复位), 借鉴上述远程“冷复位”实现原理, 同样可以实现远程复位通信工作站功能。

具体思路: 当子站一台通信工作站出现异常, 集控主站监视到通信工作站异常告警信号后, 需对其进行远程复位。对于站侧而言, 当正常工作通信工作站收到集控主站遥控命令后, 通过站控层网络向公用测控装置转发主站遥控命令, 随后公用测控装置收到相应遥控命令后, 闭合相应动合触点 (将此动合触点保持时间设置为 1 s), 此时光电隔离装置 220 V 回路导通后, 相应弱电电路也随之导通, 看门狗复位电路导通, 通信工作站 CPU 及部分芯片内存数据得到清除, 实现了主站远程“冷复位”异常通信工作站的功能。具体原理如图 4 所示。

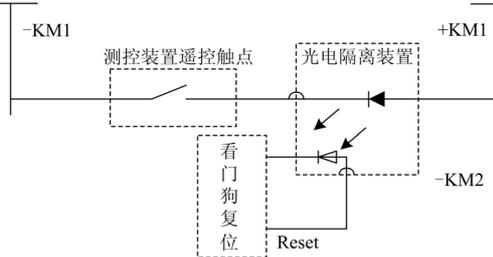


图4 远程复位看门狗原理图

Fig.4 Sketch of remote reset for watch dog

选择该方法, 看门狗复位电路的光电隔离装置异常后, 可能造成通信工作站频繁重启或不能远程复位 (光隔装置), 因此也需定期检测和更换该光电隔离装置。另外, 通信工作站硬件看门狗复位电路引脚, 通常没有引到装置外面, 实施过程中需厂家对相关电路板件进行相关处理, 尤其对于已运行设备需重新改造方可, 因此实施起来比较困难。

### (3) 其他方面

通过上述分析, 可以实现远程硬复位通信工作站, 我们建议对目前能够正常工作的通信工作站 (即不经常出现异常或闭锁现象) 暂不增加上述远程硬复位功能改造, 毕竟增加了一部分环节, 间接降低了通信工作站的可靠性; 对于常出现异常或闭锁的通信工作站, 可以采用上述方法进行相关改进, 以便提高电网的安全可靠性。

鉴于我们已实施远程维护技改的 3 个变电站, 均为 2008 年初投运的 500 kV 变电站, 设备状况良好, 出现通信工作站异常现象比较少, 故暂未进行通信工作站装置远程“断电”或“看门狗”复位改造。

## 3 现场测试及效果检查

从 2008 年 7 月~2009 年 4 月, 在湖南省超高压局 500 kV 集控主站多次对子站实现远程维护工作, 其中包括远动信号名称描述、点号、SOE 设置、事故总信号遥测系数查看 (或修改) 以及实时报文监视等等, 并取得了实效, 维护平均时间由 100 min 以上 (最近变电站往返车程时间, 需 100 min 以上) 减少到 6.5 min, 创造了一定的社会效益和经济效益, 大大提高了工作效率, 降低了维护成本。

通过表 1 分析可以看出, 常规维护耗时长、维护成本高, 远程维护成本很低, 极大地减少了 500 kV 变电站自动化系统运行维护的成本, 按当前的 14 个变电站计算, 相比之下每年可以节省 47.6 万元, 经济效益显著。

表 1 经济效益统计、分析表

Tab. 1 The table of economic statistics & analysis

序号	工作内容	次数/ 年·站	常规维护 费用(元/ 年·站)	远程维护 费(元/ 年·站)
1	查看通信工作站四遥点表信息	10	9 000	0
2	修改通信工作站四遥点表信息	6	5 400	0
3	500 kV 变电站自动化系统定期巡视	24	21 600	0
4	远程维护设备折旧费		0	2 000
合计		40	36 000	2 000
备注	①汽车费用, 500 元/台班; 人员差旅、工时费, 400 元/天(限 2 人); ②设备购买总价 10 000 元/站, 按 5 年更换, 则折旧费 2 000 元/年;			

#### 4 结论

随着 500 kV 电网规模日益扩大和 500 kV 变电站无人值班+集中监控新型管理模式的推广, 有效地管理、维护好 500 kV 变电站自动化系统, 将成为综自系统日后运行维护环节的新课题。“500 kV 变电站自动化系统实时远程维护方法研究”为湖南省超高压局 2008 年度技术革新项目, 自 500 kV 宗元变等 3 座变电站采用了上述远程实时维护方法 8 个月以来, 节省不少人力、物力, 且又大大缩短了缺陷处理时间, 创造了一定的社会 and 经济效益。鉴于此, 湖南省电力公司已制定计划其他辖区 500 kV 变电站推广本远程实时维护方法。

#### 参考文献

[1] 朱子坤. 利用局域网延伸技术实现监控系统远程诊断[J]. 继电器, 2007, 35(16): 59-61.  
 ZHU Zi-kun. Long-rang diagnosis for supervisory control system over local network extending[J]. Relay, 2007, 35(16): 59-61.

[2] 肖小刚, 钱榕. RTU 远程维护系统的开发[J]. 华中电力, 2000, 13(6): 10-12.  
 XIAO Xiao-gang, QIAN Rong. Development of RTU remote maintenance system[J]. Central China Electric Power, 2000, 13(6): 10-12.

[3] 高峰, 胡绵超, 张阳志, 等. 远动系统中远程维护的技术探讨与实现[J]. 继电器, 2001, 29(8): 42-45.  
 GAO Feng, HU Mian-chao, ZHANG Yang-zhi, et al. The

discussion and realization of remote maintenance technology in remote terminal system[J]. Relay, 2001, 29(8): 42-45.

[4] 郝晓弘, 苏渊. 基于Web的变电站远程监控系统[J]. 电网技术, 2003, 27(7): 32-35.  
 HAO Xiao-hong, SU Yuan. A web based substation remote supervisory control system[J]. Power System Technology, 2003, 27(7): 32-35.

[5] 李恒超, 张家树. 基于嵌入式Web的远程监控研究[J]. 西南交通大学学报, 2003, 38(3): 263-266.  
 LI Heng-chao, ZHANG Jia-shu. Research of remote monitoring system based on embedded Web[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2003, 38(3): 263-266.

[6] 鞠平, 左英飞, 文福拴, 等. 电力系统健康诊断[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(6): 22-25.  
 JU Ping, ZUO Ying-fei, WEN Fu-shuan, et al. Health diagnosis of power systems[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(6): 22-25.

[7] 苏鹏声, 王欢. 电力系统设备状态监测与故障诊断技术分析[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(1): 61-65, 82.  
 SU Peng-sheng, WANG Huan. Technology analysis of state monitoring and fault diagnosis in electric power systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(1): 61-65, 82.

[8] 马皓, 韩思亮. 电力电子设备远程监控与故障诊断系统设计[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(2): 50-55.  
 MA Hao, HAN Si-liang. Design of the remote monitoring and fault diagnosis system for power electronic equipment[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(2): 50-55.

[9] 高翔, 郭创新, 张金江, 等. 基于调度数据网的变电站智能设备远程维护系统[J]. 电网技术, 2005, 29(23): 62-67.  
 GAO Xiang, GUO Chuang-xin, ZHANG Jin-jiang, et al. A digital communication network based remote maintenance system for intelligent electronic device of substation[J]. Power System Technology, 2005, 29(23): 62-67.

收稿日期: 2009-09-01; 修回日期: 2009-10-18

#### 作者简介:

梁运华(1974-), 男, 硕士, 工程师, 从事电力系统调度自动化和变电站自动化等工作; E-mail: liangyun889@163.com

沈梦甜(1970-), 女, 高级工程师, 长期从事电力系统继电保护及自动化技术管理工作。