

运行中的 500 kV 变电站综合自动化系统改造

霍建彬, 吴国沛, 黄欣

(广州供电局调度中心, 广东 广州 510620)

摘要: 根据某 500 kV 运行中变电站自动化系统改造的工程实践, 从技术要求、安全保障等方面进行研究, 提出切实可行的技术改造方案和安全保障方案, 形成了改造过渡阶段稳定可靠的运行模式。技术改造方案从系统硬件性能、通信网络结构、数据处理方式上提出了改进方法, 现场安全保障方案从改造过渡阶段变电站自动化系统数据及间隔层五防逻辑的完整性上提出了技术保障方案, 并在现场实施上提出了现场安全工程保障方案。

关键词: 变电站综合自动化系统; 改造; 方案; 技术; 安全

Reconstruction of the 500 kV substation integrated automation system in operation

HUO Jian-bin, WU Guo-pei, HUANG Xin

(Dispatching Centre, Guangzhou Power Supply Bureau, Guangzhou 510620, China)

Abstract: Based on the practice of reconstructing one 500 kV substation integrated automation system in operation, and by researching the technology and the security, this paper brings forward the technique and security schemes for reconstruction. The steady and reliable mode of transition comes into being. The technique scheme brings forward improvement methods on hardware capability, communication net structure and data processing. The field security scheme improves the integrity of automation system data and the logic of 5-defense. Project safeguard scheme is proposed.

Key words: substation automation system; reconstruction; project; technique; security

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)06-0133-04

0 引言

某 500 kV 变电站作为天广直流系统的配套工程, 是西电东送的一座重要落点站, 也是广州电网重要电源点之一, 必须保证其运行的安全稳定, 因此这对其变电站自动化系统提出了更高的要求。该变电站于 2000 年建成投运, 站内综合自动化系统自投运至今为该站的安全稳定运行做出了很大贡献, 但由于其监控系统硬件已停产, 无法满足扩建及备品备件的需要, 同时运行时间已达自动化设备的运行年限, 元件老化, 精度及可靠性降低, 因此以 2007 年 #3 主变扩建为契机, 对站内自动化系统进行升级改造, 采用新产品新技术, 以提高系统运行的安全性、稳定性和可靠性。

同时由于该变电站在电网中的重要地位, 停电施工困难, 只能在运行中进行改造, 对现场施工组织和安全控制提出了更高的要求。系统改造时自动化新旧设备的接入方式及自动化系统数据处理的方式均不同, 但必须要保证站端及调度数据的完整性、实时性以及五防逻辑的严密性, 需要从技术上保障

过渡阶段的系统安全及功能完整。同时变电站自动化系统改造周期长, 新旧系统切换次数多, 存在较高的安全风险, 需要更加严格的现场安全控制措施。通过本项目的实施提高了变电站自动化系统设备硬件性能, 优化了系统通信网络, 大大简化了二次接线, 保障了 500 kV 运行中变电站综合自动化改造工作的安全、顺利进行。

1 现状及技术改造的必要性

该变电站原自动化系统采用南瑞科技 BSJ2200 计算机监控系统, 全站自动化设备为分层分布式结构。保护和测控装置分散布置在 4 个保护小室, 每个保护小室有两台互为热备用的前置机对本小室信息进行汇集处理, 并通过光纤以太网与站控层交换机连接, 实现与站控层操作员工作站、服务器、远动机等设备的信息交互。测控装置采用南瑞科技的 SLC 系列产品, 以 F-NET 总线经网关转换为 RS232 方式与前置机进行通信; 保护装置则由于生产厂家和型号的不同, 其通信方式和现场总线类型也不同, 通过保护管理机或 RS485/RS232 转换器转换为

RS232 方式与前置机进行通信。为了在保护小室进行操作和防误操作,测控装置遥控输出又经过 PLC 装置的五防逻辑判断,并在 PLC 屏上提供操作按钮;站内五防系统则由微机五防、监控系统后台五防和间隔层 PLC 五防构成,三层五防相互独立。

随着变电站综合自动化技术的发展,该变电站原自动化系统已落后于当前技术水平,且随着投运年限的增加,系统的设备稳定性和站内通信稳定性也随之下降,改造势在必行。原系统的不足之处有以下几个方面:(1) 操作员工作站、服务器均为 Alpha 500au 工作站,远动机为 HP vectra VE8 PII/350 远动通信工作站,其配置已大大落后于当前计算机发展水平,且已投入运行 7 年,稳定性下降,尤其是远动通信工作站远较目前变电站普遍采用的嵌入式远动装置稳定性低;(2) 间隔层前置机与测控、保护装置的通信方式为现场总线,通过前置机串口进行系统信息接入,每条总线通信的装置数量多,通信速率低,并易受外界干扰,难以进行故障查找和隔离,而且前置机的串口通信本身故障率较高;(3) 数据处理是通过每个保护小室的前置机实现的,为分布式实时数据库,操作员工作站从前置机获取实时数据,服务器只有简单的告警等功能配置,这样就增加了设备数量和中间环节,增大了故障几率;(4) 间隔层五防通过独立于测控装置的 PLC 装置来实现,在测控装置采集各开关刀闸遥信位置之外,PLC 装置本身还需另外采集各节点开关刀闸位置,PLC 通过硬节点接收到测控装置对开关、刀闸的遥控命令后,经 PLC 五防逻辑判断再由其进行遥控开出,接线复杂且中间环节多,无法以通信的方式与监控系统完成信息共享。随着新技术的不断实用化,针对上述不足之处提出了系统整体改造方案。

2 系统技术改造方案

考虑变电站安全稳定要求、当前自动化装置技术水平及与未来技术发展的兼容性,该变电站通过逐步改造,对自动化系统装置硬件、网络的组网方式、实时数据处理方式、间隔层五防逻辑闭锁等方面进行了改进。

(1) 更换了监控系统站控层操作员工作站、服务器、远动机等自动化设备,并逐步将 SLC 测控装置更换为新一代 NSD500 测控装置,旧保护装置也更换为支持以太网通信的新型号保护装置。通过一系列的硬件更换,系统设备的性能得到很大提高。改造后系统操作员工作站和服务器采用 Sun Altra45 工作站,远动机则由 HP 工作站更换为嵌入式

NSC300 远动通信装置,稳定性和易维护性都得以大大提高;相比 SLC 系列测控装置,新一代 NSD500 测控装置的数据处理能力更强,并支持以太网通信。

(2) 改进了站内自动化系统通信网络的组网方式。更换站控层交换机以提高其性能,并在各保护小室加装间隔层交换机,形成双 100 M 以太网为框架的星型站内监控网络,并在全站改造初期首先完成网络搭建工作,将站控层设备及间隔层前置机移入此网络运行;通过逐步改造,全部测控及保护装置也将直接通过以太网方式接入间隔层交换机。那么间隔层装置的通信方式由原来的现场总线改为以太网,减少了中间通信环节,提高通信可靠性和信息传输速率,而且此组网方式为变电站的分期改造、功能升级提供了良好的开放性、灵活性和兼容性;考虑测控和保护装置数量大,为避免相互间信息传输的干扰和提高可靠性,将网络分为监控双网和保护双网,间隔层监控网和保护网的交换机分别独立,站控层则通过交换机划分 VLAN 进行监控网和保护网的网络隔离,并在站控层加装两台互为热备用的保护管理机,每台管理机配置四块网卡分别与监控和保护网络进行连接,实现对保护信息进行汇集处理后,向监控系统转发。

(3) 改变了站内实时数据处理方式。站内测控和保护装置采用以太网方式直接接入监控网络,提高了传输距离,使变电站的实时数据处理方式也随之发生改变,由原来每个保护小室前置机实现的分布式实时数据处理方式,改变为由站控层服务器和保护管理机实现的集中式实时数据处理方式。改造过程中,在服务器及保护管理机上逐步建立全站数据库及其应用系统,改造完成后退出全部前置机,减少设备数量,降低维护工作量及系统故障几率。

(4) 改变了站内间隔层五防逻辑闭锁的实现方式。原系统间隔层五防通过与测控装置独立的 PLC 装置实现,改造后将由 NSD500 测控装置来实现完整的间隔层五防逻辑闭锁,节点遥信位置不需要重复采集,简化了二次接线,并减少了五防逻辑闭锁功能的装置数量和中间环节。

改造完成后,变电站自动化系统结构简洁,如图 1 所示。

3 改造过程中现场安全保障方案

500 kV 运行中变电站自动化系统改造具有周期长、新旧系统联接界面大、安全风险高的特点,许多工作是在不停电的情况下进行的,更增加了施工的难度和危险性,因此必须建立安全保障方案,从技术上及实施过程上保证改造过程的安全有效。

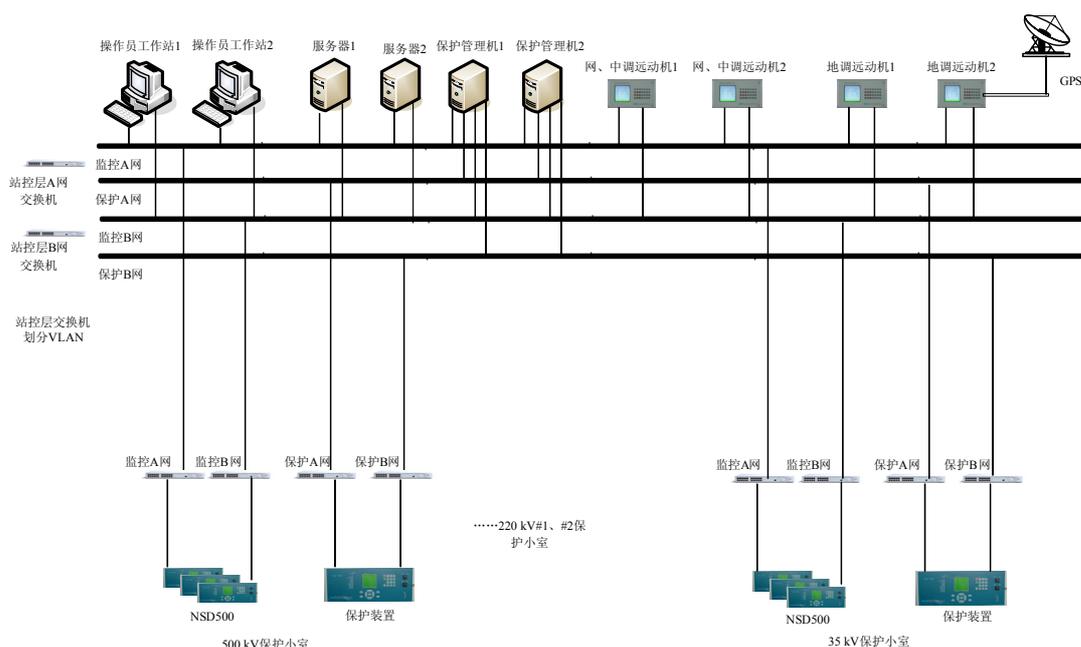


图 1 500 kV 变电站自动化系统结构简图

Fig.1 Structure diagram of 500 kV substation automation system

3.1 现场安全技术保障方案

改造过程中, 自动化新旧设备的接入方式及自动化系统数据处理的方式均不同, 但必须要保证站端及调度数据的完整性、实时性以及五防的严密性, 因此需要从技术上保障过渡阶段的系统安全及功能完整:

(1) 站端数据的完整性

改造过程中必须保证遥测、遥信及保护信息的完整性。对于站内监控后台, 未改造的测控及保护装置实时数据信息仍由前置机收集处理和转发。对于新 NSD500 测控装置, 则通过在站控层监控服务器增加驱动程序, 来完成实时信息的收集处理; 由于改造后保护装置通过以太网直接接入监控系统, 保护信息的完整性和实时性要求监控系统保护管理机和不同厂家的保护装置必须具备良好的互操作性, 虽然保护的通信规约均采用 103 规约, 但不同厂家对规约的理解和应用存在差异, 就要求监控系统后台开发人员对各种类型保护装置的信息交互方式透彻理解, 并编写相应通信程序, 通过严格测试来保证各种保护装置无缝接入的稳定性、实时性和可靠性。

(2) 调度数据的完整性

改造过程中必须保证调度数据的完整性。通过本次改造, 该 500 kV 变电站的远动装置由工控机升级为应用嵌入式系统的插件式装置, 而且新远动装

置和 NSD500 测控装置具有良好的兼容性, 通过远动装置的组态参数配置, 可直接从监控网络中提取 NSD500 装置发出的实时信息, 实现真正意义上的调度数据直采直送; 但由于新远动装置不能识别前置机原有的通信报文, 则必须在前置机中配置与远动信息相关的转发表并启动相应的程序, 将前置机采集的旧 SLC 测控装置信息转发到监控网络中, 实现向调度端传送旧测控装置采集的相关远动信息。

(3) 间隔层五防逻辑闭锁的完整性

在改造过程中, 首先, 需考虑已改造部分的五防闭锁逻辑的完整性。已改造部分的间隔层五防功能由 NSD500 装置实现, 其必须获取旧系统采集的某些开关刀闸位置信息后才能保证逻辑完整性, 而旧五防系统 PLC 装置本身采集的开关刀闸位置信息无法向 NSD500 装置以通信方式发送, 因此需要采取其他方式实现新系统完整的五防闭锁逻辑。由于未改造旧系统的 SLC 测控装置对位置信息的采集是准确完整的, 且前置机可以收集到全部旧系统的遥信信息, 而 NSD500 测控装置和前置机接入在同一监控网络中, 可方便进行通信。为了完整 NSD500 装置的五防逻辑信息, 采取在前置机增加新程序, 以建立虚拟 NSD500 测控装置的方式实现, 虚拟 NSD500 装置在前置机数据库中获取旧系统开关刀闸位置信息后, 以网络 103 方式向监控网络发送, 那么在网络中看来, 如同有 NSD500 装置采集到了

旧系统的开关刀闸信息并向网络发送，新系统中实际的 NSD500 装置通过简单组态配置即可获取该信息，从而实现新系统五防闭锁逻辑的完整性。

其次，需考虑旧系统五防逻辑的完整性。旧系统五防逻辑完全通过 PLC 装置实现，每个间隔配置相应的 PLC 装置，全站所有 PLC 互相通信，遥信位置通过与测控装置独立的硬接点方式接入。扩建和改造过程中 PLC 系统始终要采集到所需的全部开关刀闸位置信息才能保证逻辑完整性。为了解决旧系统逻辑完整性问题，采取了新增一套 PLC 装置和一套 BSM 插箱（闭锁逻辑插箱）的方式，并将

新增的 PLC 装置接入站内 PLC 系统，BSM 插箱接入站内监控网络；BSM 插箱实际是一个 NSD500 插箱，内有 CPU 板和多个 BSM 板，该插箱支持以太网通信，通过一定的配置，可获取监控网中相关遥信点位置信息并输出到一个保持继电器上，若再将保持继电器的接点通过硬接线接入 PLC 的遥信点，可使得 PLC 系统在敷设少量二次电缆的情况下就能采集到新扩建及改造部分的相关开关刀闸位置信息，从而实现旧系统五防闭锁逻辑的完整性。

该 500 kV 变电站改造过渡阶段间隔层五防逻辑信息交换示意图如图 2 所示。

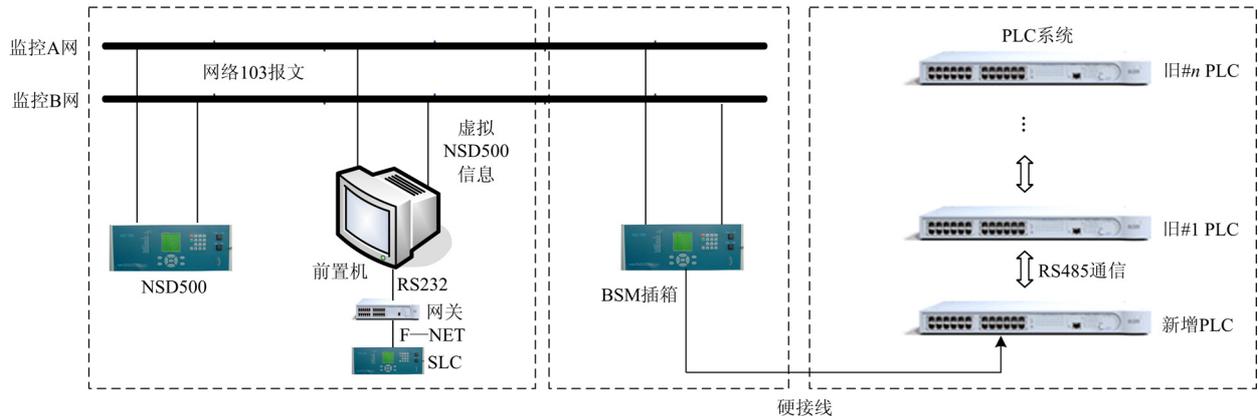


图 2 过渡阶段间隔层五防信息交换示意图

Fig.2 Diagram of 5-defense information exchanging

3.2 现场安全工程保障方案

运行中的变电站自动化系统改造，通过制定现场安全工程保障方案可有效保证改造过程中的安全性和可靠性，避免由于风险分析不足、实施过程不当或人为因素影响系统安全。

(1) 制定严格合理的过渡方案

预先做好充足准备工作，制定严格合理的过渡方案。过渡方案应确立过渡阶段变电站自动化系统安全稳定的运行模式，充分分析改造过程中存在的潜在风险，提前制定相应对策，且需明确新老系统联接界面，避免改造过程中新老设备不兼容造成的相互影响，对需要新增的程序必须进行预先测试，保证其在改造和应用过程中能够实现所要求的功能并具备良好的稳定性。

(2) 保证改造工作实施的安全性

每阶段改造工作开始前都应制定合理的改造实施方案，方案中明确工作步骤及工作范围，注意做好危险点分析和安全措施；改造过程中合理组织施工人员，提高工作效率和安全性；由于改造过程涉及多种设备，需要进行大量的参数配置和修改，在开工前应明确参数修改位置和相关联内容，修改和

配置参数过程中注意做好检查核对，明确操作流程，对需要重复进行的工作尽量做到标准化流程操作，避免误修改和误配置对运行中设备造成不良影响；由于改造过程中，自动化设备厂家技术人员多参与其中，因此必须按照相关规定加强对外来人员的管理，明确其工作范围和规范其工作行为，提高安全意识，从而保证改造的顺利进行，避免人为因素威胁变电站运行的安全稳定。

(3) 确保自动化系统数据备份和软件版本控制

500 kV 变电站改造周期长，每阶段的调试过程中都需要对数据库、软件组态配置等进行修改，每次修改前要做好数据备份，不但能够对错误修改进行快速恢复，且有利于问题的查找；而做好版本控制，能有效避免不同阶段改造由于软件版本不一致造成对运行中系统的不良影响。

4 结论

该 500 kV 变电站综合自动化系统的改造过程中，从技术方案上，将 SLC 测控装置更换为 NSD500 测控装置；将现场总线通信方式改为冗余备用的以
(下转第 145 页 continued on page 145)

- 中的研究[J]. 广东电力, 2004, 17(6): 25-28.
ZHAO Zheng-jun, JIANG Xin-yu. Research on Capacitive Current Measurement with Signal Injection in Distribution Network[J]. Guangdong Electric Power, 2004, 17(6): 25-28.
- [7] 季涛, 薛永端, 孙同景, 等. 配电线路行波故障测距初探[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(19): 66-71.
JI Tao, XUE Yong-duan, SUN Tong-jing, et al. Fault Location for Distribution Feeders Based on Traveling Waves[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(19): 66-71.
- [8] 徐丙垠, 李京, 陈平, 等. 现代行波测距技术及其应用[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(23): 62-65.
XU Bing-yin, LI Jing, CHEN Ping, et al. Modern Fault Location Techniques Based on Fault Generated Travelling Waves and Their Applications[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(23): 62-65.
- [9] 桑在中, 潘贞存. 小电流接地系统单相接地故障选线测距和定位的新技术[J]. 电网技术, 1997, 21(10): 50-53.
SANG Zai-zhong, PAN Zhen-cun. A New Approach of Fault Line Identification, Fault Distance Measurement and Fault Location for Single Phase-to-ground Fault in Small Current Neutral Grounding System[J]. Power System Technology, 1997, 21(10):50-53.
- [10] 何正友, 李伟华. 基于 S 注入法的自闭贯通线路故障定位系统[J]. 西安交通大学学报, 2005, 40(5): 569-574.
HE Zheng-you, LI Wei-hua. Fault Location System for Automatic Block and Continuous Transmission Lines Based on S-Injection Method[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2005, 40(5): 569-574.
- [11] 徐志祥, 刘健, 王晓明. 控制系统动态特性精细积分数字仿真[J]. 大连理工大学学报, 2000, 40(5): 582-585.
XU Zhi-xiang, LIU Jian, WANG Xiao-ming. Precise Integration Numerical Simulation Method for Dynamic Response of Linear Control System[J]. Journal of Dalian University of Technology, 2000, 40(5): 582-585.
- [12] 肖登明. 电力设备在线监测与故障诊断[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2005.
XIAO Deng-ming. On-line Monitoring and Fault Diagnosis of Electrical Equipment[M]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University Press, 2005.

收稿日期: 2009-12-03; 修回日期: 2009-12-30

作者简介:

王新超(1962-), 男, 副教授, 硕士, 主要研究方向为电力设备状态监测与安全运行; E-mail: wangxinchao@sdu.edu.cn,

苏秀苹(1966-), 女, 教授(博导), 博士, 主要研究方向为电器现代设计技术;

张丽丽(1985-), 女, 研究生, 学士学位, 研究方向为电力设备状态监测与安全运行。

(上接第 136 页 continued from page 136)

太网, 加装了间隔层的交换机; 测控及保护装置通过以太网直接接入监控系统, 取消了前置机; 将原 PLC 五防系统改为由 NSD500 测控装置实现。从数据安全方案上, 保障了站端数据、调度端数据、五防闭锁逻辑的完整性。从施工方案上, 制定了过渡方案, 保证了改造工作的安全性, 确保了自动化系统数据备份和软件版本控制。整个方案的实施, 有效降低了改造的现场安全风险, 保障了变电站综合自动化系统改造工作的顺利进行。

改造完成后, 该 500 kV 变电站综合自动化系统运行稳定, 缺陷发生率大大降低, 相比改造前, 设备硬件性能及易维护性大大提高, 系统结构得到简化, 调整了间隔层五防的实现方式, 减少了设备数量及二次接线, 且易于故障的排查, 经过改造还优化了自动化系统通信网络, 提高信息传递的速率和稳定性。

参考文献

- [1] 王海峰, 丁杰. 对变电站内若干网络通信问题的探讨[J]. 电网技术, 2004, 28(24): 65-68, 73.
WANG Hai-feng, DING Jie. Research on Several Issues

of Substation Network Communications[J]. Power System Technology, 2004, 28(24): 65-68, 73.

- [2] 孙军平, 盛万兴, 王孙安. 新一代变电站自动化网络通信系统研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(3): 16-19, 145

SUN Jun-ping, SHENG Wan-xing, WANG Sun-an. Study on the New Substation Automation Network Communication System[J]. Proceedings of the CSEE, 2003, 23(3): 16-19, 145.

- [3] 蒋德年, 魏育成. 变电站综合自动化系统体系结构研究[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 48-51.

JIANG De-nian, WEI Yu-cheng. Study on Structure of Integrated Substation Automation System[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 48-51.

收稿日期: 2009-04-11; 修回日期: 2009-12-15

作者简介:

霍建彬(1980-), 男, 硕士, 工程师, 现从事变电站自动化运行管理工作; E-mail: jianbinhuo@163.com

吴国沛(1975-), 男, 高工, 现从事电力系统继电保护及调度自动化管理工作;

黄欣(1970-), 男, 高工, 现从事电力系统调度自动化管理工作。