

城市轨道交通主变电站信号集中控制设备升级改造

陈文昊

(上海地铁维护保障有限公司供电分公司, 200335, 上海)

摘要 [目的] 上海轨道交通7号线站内信号设备目前已进入老化周期, 直接影响到该线路供电系统的稳定性与可靠性。需在保证主变电站内信号集中控制设备功能不变的前提下, 对该设备进行升级改造。[方法] 以上海轨道交通7号线作为研究对象, 对其主变电站内信号集中控制设备的功能进行了介绍。并在原有功能不受影响的前提下, 提出硬件平台一致性和软件功能一致性的改造原则。从信号集中机柜、110 kV 主变电站保护测控装置, 以及综保设备串口信号等方面重点介绍了设备硬件的改造; 对采用的以 Unix 系统为基础的新工程师工作站进行了介绍。对主变电站内信号集中控制设备进行了调试与功能验证。[结果及结论] 调试与功能验证结果表明, 在功能上新的信号集中控制设备与既有设备兼容, 消除了原有设备老化导致的信号延迟、误报警等问题, 满足改造需求。

关键词 城市轨道交通; 主变电站; 信号集中控制设备; 升级改造

中图分类号 U282+.5

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.03.035

Research on Upgrade and Transformation of Centralized Signal Control Equipment in Main Substation of Urban Rail Transit

CHEN Wenhao

(Power Supply Branch of Shanghai Metro Maintenance Co., Ltd., 200335, Shanghai, China)

Abstract [Objective] At present, the signal equipment in stations of Shanghai Metro Line 7 enters the aging cycle, which directly affects the stability and reliability of the power supply system of Line 7. It is necessary to upgrade the signal equipment on the premise of ensuring that the function of the centralized signal control equipment in the main substation remains the same. [Method] With Shanghai Metro Line 7 as the research object, the function of the centralized signal control equipment in the main substation is introduced. On the premise that the original functions are not affected, the transformation principle of hardware platform consistency and software functionality consistency is proposed. The hardware transformation of the equipment is introduced mainly from the aspects of centralized signal cabinet, protection and measurement

device in 110 kV main substation, and serial port signal of comprehensive protection equipment. The new engineer workstation based on Unix system is introduced. The centralized signal control equipment in the main substation is debugged and its functions are verified. [Result & Conclusion] The debugging results and function verification show that the new centralized signal control equipment is functionally compatible with the existing equipment, the signal delay and false alarm caused by the aging of the original equipment are eliminated, and the transformation requirements are met.

Key words urban rail transit; main substation; centralized signal control equipment; upgrade and transformation

在城市轨道交通线路网络化运营得以逐步完善的趋势下, 供电系统是否稳定已成为城市轨道交通运营的重中之重。

上海轨道交通7号线(以下简称“7号线”)新村路110 kV 主变电站信号集中控制设备采用上海智达智能科技股份有限公司提供的 ZD1000 电厂/变电站自动化系统。截至目前, 7号线主变电站已运营了10年之久。随着主变电站运行时间的增加, 站内信号设备逐渐进入老化周期, 设备在运营期间会不定期出现 SCADA(监控与数据采集)系统遥信信号紊乱, 遥控信号延迟近10 min 等现象, 直接影响到7号线供电系统的稳定性与可靠性。

为了使城市轨道交通供电系统更加稳定和可靠, 使城市轨道交通线路运行得到充分保障, 需在保证主变电站内信号集中控制设备功能不变的前提下, 对现有信号设备进行升级改造。

1 变电站信号集中控制设备功能介绍

在上海轨道交通线路网络中, 变电站信号集中控制系统主要分为站控层(包含监控与管理系统)、通信网络层(包含电缆通信、光通信及网络通信)、间隔层(包含间隔测控单元与微机保护装置)。ZD1000 信号集中控制设备结构图见图1。

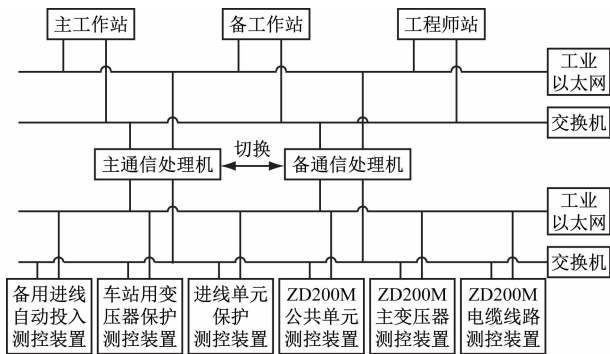


图1 ZD1000 信号集中控制设备结构图

Fig.1 Diagram of ZD1000 signal centralized control equipment structure

主变电站信号集中控制系统采用双机双网冗余模式以保证其运行可靠。主变电站内设备采用分布式系统结构,各测控单元相互独立,通过现场总线将各模块连接以完成间隔层的各项功能。

主变电站监控与管理系统位于变电站主控室内,通过设置1台后台监控主机与通信处理机连接,完成站内数据集中的功能,同时也作为变电站内系统控制的人机接口,实现站内就地监视、控制功能;此外还安装了1个工程师站,以执行配置和维护系统功能等任务,包括修改和辅助开发应用程序,更改监视系统设置,编辑或修改在线画面和报表,以及定义、增删系统测点等。ZD1000 信号集中控制设备中的监控与管理系统作为软件平台运用于变电与配电自动化系统,它是在 Microsoft 32 位系统的基础上进行开发,在 Windows 2000/NT/XP 环境中运行。该系统具有数据处理、历史记录、界面监控、事件查询、报告管理、打印管理及用户管理等功能。

主变电站间隔层 ZD200M 间隔测控装置和微机保护设备采用就地安装的方式,即保护和测控单元分散安装在各设备小间内,模拟量、开关数字信号通过光纤、双绞线、以太网通信上报给后台监控主机,对主变电站及监控与管理系统的命令进行接收并执行,实现保护、测量、控制及信号监视功能,在整个信号集中控制系统与主变电站内一次设备间起到接口作用。

通信网络层是联系间隔层和监控与管理系统的重要组成部分,两台通信管理单元以互为备的方式收集全站的实时信息数据,同时在远方调度系统接收所管辖的变电站信息数据。

2 信号集中控制设备的升级改造

2.1 升级改造的原则

新村路主变电站信号集中控制设备的升级改

造主要从硬件和软件两个方面进行。其升级改造也应遵循硬件平台一致性和软件功能一致性原则。

1) 硬件平台的一致性:考虑到既有设备的运行需要,选取的新硬件设备与既有设备的接口部分应保持一致。新设备在改造完成后应能够与既有设备正常连接、运行。

2) 软件功能的一致性:本次设备改造后所使用的新软件在保证稳定运行的前提下,还应保持与旧软件在使用方式及功能上的一致性。

本次改造采用上海新华控制技术集团科技有限公司(以下简称“新华”)生产的 TISNET P-600 变电站自动化控制系统替换原有的 ZD1000 电厂/变电站自动化系统。TISNET P-600 变电站自动化控制系统以 32 位 CPU(中央处理器)组成的控制器为核心,该 PLC(可编程逻辑控制器)系统涵盖了主流的 Modbus 通信协议、PROFIBUS(过程现场总线)、TCP(传输控制协议)/IP(互联网协议)等通信方式,可根据工况要求灵活配置 I/O(输入/输出)模块,能很好地满足变电站稳定运行的需求。

目前,TISNET P-600 变电站自动化控制系统已应用于 7 号线牵引、降压变电站中,该系统在可靠性、可用性及可维护性方面均已得到充分认证。同时,7 号线所使用的 XICSC-100 综合监控系统也由新华提供。与旧有的智达 ZD1000 监控系统相比,该系统信号传输效率更高,且与中央 SCADA 的联动效果也更好。

为确保 7 号线供电系统 SCADA 正常运行,站内综保、消防等设备均不作改动。改造后的信号集中控制设备网络如图 2 所示。

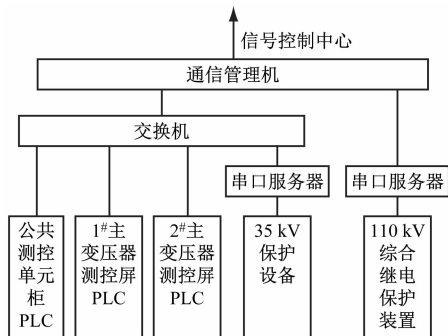


图2 信号集中控制系统改造后设备网络图

Fig.2 Equipment network diagram after transformation of centralized signal control system

本次改造的主要目的,是解决变电站内 SCADA 站控操作与远程操作延迟严重,故障报警

频繁误报等问题。本次改造的技术难点,在于新旧系统的集成度、信号传输方式存在差异。对信号接线端子的数量、综保信号的传输方式作出修改的同时,必须保证变电站其他相连设备可以不受影响地正常运行。

2.2 设备硬件的改造

设备硬件改造的主要内容可分为3个方面:①信号集中机柜的改造;②110 kV 主变电站保护测控装置的改造;③综保设备串口信号的改造。

2.2.1 信号集中机柜的改造

新的变电站信号集中控制系统采用了分散控制、集中管理的模式。在改造中将拆除原有的信号集中柜,并在原处安装新的信号集中机柜,并将原机柜内的 ZD1000 系统信号集中机柜整体弃用。新机柜内配有 TISNET P-600 变电站自动化控制系统设备与 XCCU(新华通信控制器)设备。改造中将站内各处设备信号通过光纤传输至新机柜内以太网交换机,再以以太网信号的形式同时传输至本地人机界面、本地工程师站、TISNET P-600 PLC、XCCU 中。传输至 XCCU 中的信号再以主、备用两路形式通过相互独立的若干个光电转换器将光纤信号传输至控制中心等外部单位。新机柜内设备结构图如图3所示。

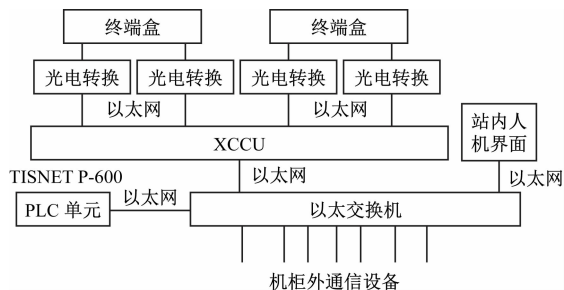


图3 新机柜内设备结构图

Fig. 3 Equipment structure diagram of the new cabinet

2.2.2 110 kV 主变电站保护测控装置的改造

经现场排摸发现,因旧有系统的主变电站测控装置 ZD200-M 使用非标准通信协议,与新系统采用的 IEC 60870-5-104 规约不匹配。因此,需拆除 1[#]、2[#]主变电站保护测控柜内的 ZD200-M 主变电站测控装置各1台,在两柜内各新增1台 TISNET P-600 PLC 设备,将主变电站测控信号柜内硬接点信号连接至其中,再通过以太网信号传输至旁边新柜内的 XCCU 通信控制器,最终全部接入监控系统内。

2.2.3 综保设备串口信号的改造

考虑到主变电站内 110 kV、35 kV 设备的位置与信号集中柜距离较远,且长时间处于电压等级较高的电气环境中,因此,此次信号设备改造中,可对综保设备信号的传输也一并进行优化。现将综保设备采集的 RS422、RS485 信号通过新增的 Moxa 串口设备就地集中后经光电转换器转换成光纤信号再传入信号集中柜内。接入信号集中柜后,通过以太网交换机将光纤信号转换后接入 PLC。

相对于直接使用 Modbus 通信协议总线制,光纤传输抗电磁干扰能力更强,同时也可有效避免单个设备轮询时间过长的情况,更适合在 110 kV 变电站这种设备较多、电磁干扰较大的环境中使用。

综上,此次改造方案的优点是网络结构清晰明了、接入方便、改造彻底,提高了系统的可靠性。

2.3 软件部分改造

在软件方面,原有工作站及其监控系统软件废弃不再使用。使用新的工程师工作站,并启用与 TISNET P-600 控制系统配套的 XICSC-100 轨道交通综合监控系统软件。该系统采用 IEC 60870-5-104 规约,同时选用 Unix 系统作为运行平台,相对于 ZD1000 使用的 Windows XP 32 位系统更加安全,符合当下对网络安全的要求,并提高了可靠性。

2.4 系统的调试与功能验证

从供电系统管理的角度出发,主变电站信号集中控制系统调试的内容主要分为供电设备单体单系统调试和系统间综合联调。

供电设备单体与单系统调试主要是对设备本体或供电系统内部的参数校验、逻辑闭锁及功能验证,同时也是系统间综合联调的必要前提。单系统调试主要是为了满足供电系统内部设备间的逻辑闭锁,以及保护功能的完善。单系统调试内容包括 35 kV GIS(气体绝缘开关柜)间的功能验证,35 kV 综合保护模块的逻辑功能、差动保护的验证。

系统间综合联调主要以模拟主变电站单母线失电与整座主变电站解列的情况下,由另一座主变电站一路母线或两路母线通过环网联络开关进行支援供电的情况,即主要验证在运营期间突发上级电网故障导致的主变电站一路母线故障后,本站 35 kV 母线分段开关自动投入,由本站另一路母线支援供电,并对下级负载极差的综合保护整定值配置进行验证。在 SCADA 的联调中,以无人值守变电

(下转第 201 页)

同时在评估策略、评估方法、评估报告等方面都积累了一定的理论和实践经验;但在专业化、系统化等方面仍存在不足,主要表现为部分 FAO 项目存在安全评估方介入时间较晚、评估重流程轻技术等问题。因此,需结合 FAO 项目车辆 ISA 的实践,完善车辆 ISA 体系,形成我国车辆 ISA 的标准。

参考文献

[1] 梁君海. 基于独立安全评估的 ZCSF 动车组研发流程优化研究:以温州动车组研发项目为例[D]. 济南:山东大学, 2016: 10.
LIANG Junhai. Research on ZCSF EMU R&D flow optimization based on independent safety assessment[D]. Ji'nan: Shandong University, 2016: 10.

[2] 梁君海, 吴越, 孙超. 独立安全评估在轨道交通车辆上的应用研究与建议[J]. 中国铁路, 2018(11): 55.
LIANG Junhai, WU Yue, SUN Chao. Research and suggestion on application of independent safety evaluation in rail transit vehicle[J]. China Railway, 2018(11): 55.

[3] 王忠文, 方鸣, 刘澍清. 我国城市轨道交通安全评估体系的探讨[J]. 现代城市轨道交通, 2014(6): 1.
WANG Zhongwen, FANG Ming, LIU Weiqing. Discussion on urban rail transit safety assessment system in China[J]. Modern Ur-

ban Transit, 2014(6): 1.

[4] 杜薇. 全自动运行燕房线工程七大核心设备系统独立 RAMS 评估研究[J]. 铁路技术创新, 2015(4): 22.
DU Wei. Study on independent RAMS evaluation of seven core equipment systems for fully automatic operation of Yanfang Line Project[J]. Railway Technical Innovation, 2015(4): 22.

[5] 徐宏伟, 刘春永, 周伟. 轨道车辆独立安全评估综述[J]. 湖南工业职业技术学院学报, 2019, 19(5): 5.
XU Hongwei, LIU Chunyong, ZHOU Wei. Independent safety evaluation overview of rail transit vehicles[J]. Journal of Hunan Industry Polytechnic, 2019, 19(5): 5.

[6] 李勇. 轨道交通全自动驾驶核心设备系统独立第三方安全评估方案设计[J]. 隧道与轨道交通, 2019(1): 1.
LI Yong. Design of independent safety assessment scheme for core equipment system of automated driving of rail transit[J]. Tunnel and Rail Transit, 2019(1): 1.

· 收稿日期:2021-09-06 修回日期:2022-01-08 出版日期:2024-03-10
Received:2021-09-06 Revised:2022-01-08 Published:2024-03-10

· 通信作者:曹成鹏,高级工程师,18611102365@163.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 195 页)

站为考量,在无人值守的情况下,运营中心调度能够完全通过遥控手段对整个变电站实行停、复役的操作,并能够对站内设备的重要数据实现远程遥测、遥调及采集。同时,为了满足应急处置响应效率与延长运行的需要,增加了对直流牵引系统的远程故障复位与程序控制的验证。

3 结语

本文研究了 7 号线主变电站信号集中控制系统的升级改造。选定了新平台,在选定的新平台上重建了控制代码。优化了信号传输方式,使设备信号传输更加稳定可靠。验证和调试了新硬件平台的功能。从试验结果可得知,新装置在完全具备旧有装置功能的同时,显著提高了主变电站信号集中控制系统的工作效率,解决了变电站由于信号干扰导致的频繁误报警现象。后续类似控制设备的升级

改造可借鉴此成果。

参考文献

[1] 郭志. 地铁牵引变电站直流开关柜控制装置的升级改造[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(1): 166.
GUO Zhi. Upgrading of control device in DC switchgear in metro traction substation[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(1): 166.

[2] 陈思维. 上海轨道交通 3、4 号线信号系统改造方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(7): 148.
CHEN Siwei. Research on signaling system transformation scheme of Shanghai urban rail transit line 3/4[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(7): 148.

· 收稿日期:2021-09-03 修回日期:2021-10-28 出版日期:2024-03-10
Received:2021-09-03 Revised:2021-10-28 Published:2024-03-10

· 作者:陈文昊,工程师,957381106@qq.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license