

地铁牵引变电站直流开关柜控制装置的升级改造

郭 志

(上海地铁维护保障有限公司供电分公司, 201106, 上海//高级工程师)

摘 要 分析了上海轨道交通 1 号线牵引变电站直流开关柜内自动控制装置的功能,并对该控制装置的升级替换进行了研究。对新平台进行选型,在选定的硬件平台上进行控制软件代码的重构,并在新的硬件平台上进行所有控制功能的验证。测试结果表明,替换装置的功能与现有控制装置功能完全一致,可将该研究结果应用于今后该类控制设备的升级改造。

关键词 地铁;牵引变电站;直流开关柜;控制装置;升级改造

中图分类号 TM922.74

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.01.035

Upgrading of Control Device in DC Switchgear in Metro Traction Substation

GUO Zhi

Abstract The functions of automatic control device in traction substation of Shanghai Rail Transit Line 1 are analyzed, and upgrading of the current device with advanced hardware system as well as the software code is studied. Type selection for new platform is conducted. On the selected hardware platform, software control coding is reconstructed, and the verification of all control functions are carried out on the new hardware platform. The test result shows that the function of the new device is in accordance with the current ones installed in the substation, and the research results can be applied for the upgrading of this type of control equipment in the future.

Key words metro; traction substation; DC switchgear; control device; upgrading

Author's address Power Supply Branch, Shanghai Rail Transit Maintenance Support Co., Ltd., 201106, Shanghai, China

随着城市轨道交通网络化运营格局的成型,地铁的运营对供电系统的稳定性也提出了更高的要求。在上海轨道交通线路中,1 号线变电站的运行历史最长,随着运行时间的增长,供电设备在运行过程中也出现过多种运行故障。本文以上海轨道交通 1 号线牵引变电站馈线开关的自动控制装置为研究对

象,着重介绍该装置在运行过程中所出现的问题,并对该自动控制装置的替换可行性进行分析和研究。

上海轨道交通 1 号线牵引变电站馈线开关保护和控制的 SIEMENS 公司早期的模块化保护装置 3UB61 和 S5-95U 系列控制模块组合来实现开关的保护和控制功能,属于直流牵引系统早期的保护配置形式。随着线路运行时间的增加,该控制装置内的控制模块已经进入电子产品的老化周期,而且该类型的控制模块也已停产,市面上存货量非常有限,造成该控制模块在设备故障的情况下,无法进行可靠的更换,因而影响到直流系统设备运行的可靠性和稳定性。

为提高牵引系统运行的可靠性,保证地铁线路的正常运行,需对该部分保护和控制模块的功能进行分析,并对该控制装置的模块替换进行研究,从技术上提高直流牵引馈线开关控制模块的可靠性,以保证直流控制装置的可靠运行。

1 直流馈线开关保护和控制模块功能介绍

在上海城市轨道交通网络中,地铁直流牵引系统主要包括了整流变压器、整流器和直流开关柜等主要部件。其电气结构图如图 1 所示。

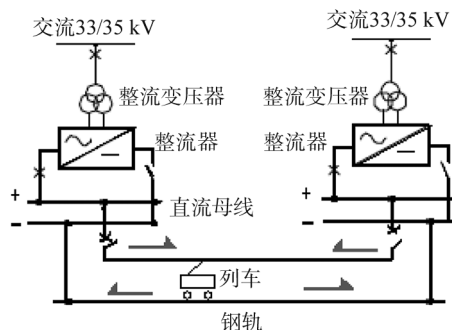


图 1 直流牵引系统示意图

整流机组将 33/35 kV 的交流电压整流为 1 500 V 左右的直流电压,所输出的直流电通过进线电缆送到牵引变电站内的直流母排;直流馈线开关通过

上网电缆给接触网供电,地铁车辆通过受电弓对接触网取流,构成整个牵引供电系统的供、用电过程。直流牵引馈线供电示意图如图2所示。馈线直流开关的操作利用直流保护装置实现控制,以保证直流牵引供电系统的可靠和安全运行。

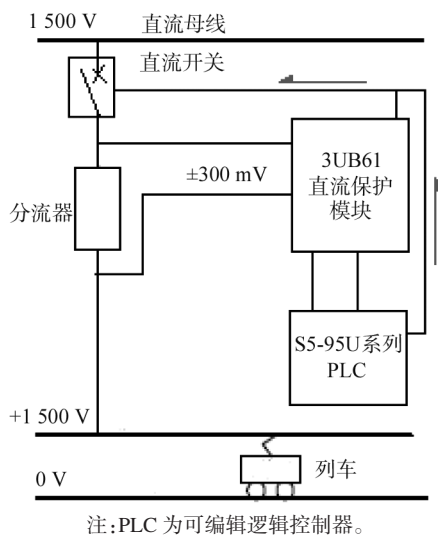


图2 直流馈线开关控制示意图

在上海轨道交通1号线牵引变电站直流馈线柜内部,配置了一套直流开关控制模块,采用SIEMENS早期的S5-95U系列PLC来实现。主要功能包括各类外部操作、给就地和远方操作提供相应的开关量输入接口,并将装置的内部响应传送到输出接口。

自动控制装置同时接收直流保护模块3UB61的输出信号,并将该保护信号转发至站控中央信号屏,并在开关就地的信号指示器内显示相应的保护动作信号,对开关的实时状态进行控制。直流开关柜内控制和保护装置的连接示意图如图3所示。

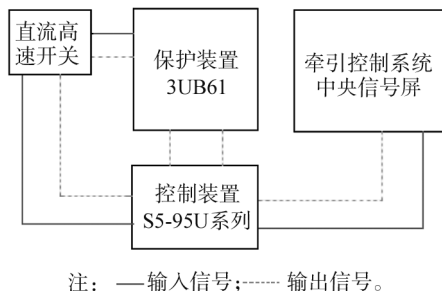


图3 直流开关柜内控制和保护装置连接示意图

在直流开关运行过程中,直流保护装置3UB61采样开关馈线电流,并根据馈线电流的变化特性对故障电流进行判断。在电流变化特性符合保护设定

的情况下,通过该保护装置的电容脱扣模块,迅速将直流高速开关断开,避免故障电流影响牵引供电系统的正常运行。

上海轨道交通1号线牵引变电站馈线开关的直流保护装置设置了直流增量电流的速断和延时动作两种保护,用来保护牵引供电系统所供接触网区间的近端和远端短路保护,避免故障进一步扩大。而直流开关柜内其他保护和控制功能均通过S5-95U系列控制装置编程控制来实现。

SIEMENS的S5-95U系列PLC是上个世纪80年代的产品,在1号线牵引变电站内该类型控制装置主要分为以下几个功能:

- 1) 过流保护和开关温度保护。
- 2) 各类直流开关柜柜面的操作和远动操作,就地、远方的分合闸指令。
- 3) 与本柜开关有联动逻辑的其他动作指令,如框架、邻站联跳保护动作信号。
- 4) 各类保护动作信号的输出,报警信号传送给中央信号屏等。
- 5) 直流开关柜自动重合闸部分的逻辑判断和操作。

2 控制模块的升级改造

2.1 升级的原则

S5-95U系列控制装置的升级主要从硬件和软件两个方面进行。其硬件和软件的升级应遵循以下两个原则:

1) 硬件平台的一致性。考虑设备运行的需要,选取的新硬件平台与现有直流开关柜内其他硬件的接口部分保持一致,使硬件平台在现有直流开关柜改造过程中保持连接线数量不变,维持现有直流开关柜内部的接线方式。本次硬件的替换采用西门子新一代逻辑控制器件S7-300系列,其简化的连接方式和免维护的硬件结构能够增强组态的控制装置硬件的可靠性,保证牵引馈线开关在新硬件平台上可靠运行,保证设备的正常运行。

2) 软件升级的功能一致性。在硬件平台确定使用SIEMENS产品的基础上,软件编程采用与硬件平台相适应的Step7语言来实现。由于Step5语言的硬件描述语言与Step7语言的硬件描述语言在操作指令上存在差异,因此,系统软件在重构过程中需要对结构和语言重新编写,以保证整个控制程序各个功能模块与现有控制系统一致。

2.2 硬件部分组态

在硬件选取过程中,直流开关柜内控制模块所组成的硬件平台中包括 CPU(中央处理器)控制模块,模拟量输入模块(AI)、数字量输入模块(DI)和数字量输出模块(DO)这4种类型的硬件模块。其中,输入输出模块的选择是严格按照直流牵引系统直流开关柜内 S5-95U 系列的输入输出模块的电气参数进行选择,电气参数和驱动能力都进行相应匹配,保证输入量的准确性和输出量的驱动能力,以完整实现相应的控制功能。

2.3 软件部分重构

在控制装置升级替换中,软件部分功能代码的升级是核心部分,主要涉及不同类型信号的逻辑输入和驱动输出,以及中间过程的判断与控制。该部分的研究是整个装置升级能否成功的关键。为保证各个功能模块的顺利重构,首先对原有程序说明文档进行详细的分析,并根据分析结果,汇总得到程序控制总体结构。其结构为:输入信号→输入信号的预处理→开关操作的逻辑判断→自动重合闸逻辑判断→信号的报警指令操作→处理采样到的模拟信号→信号的输出判断。其中,软件的输入部分将各类与控制开关相关联的信息通过 DI 和 AI 将信号采集到 CPU 的中间寄存器中;然后,在逻辑功能模块中对输入信号进行处理,将输入信号进行各种逻辑状态的组合,并得出所需要的开关状态信号,根据所得到的状态信号操作开关。该状态信号在开关分闸的情况下传送给自动重合闸逻辑判断模块,并根据状态变量的变化情况决定是否启动自动重合闸程序。

所有的操作指令过程结束后,CPU 内部输入的状态信息通过中间变量的逻辑操作,将得到的逻辑运算结果传递给输出状态中间寄存器;在信号的报警和输出模块内将该部分寄存器的状态信息通过 DO 输出到直流开关柜本体的各类显示装置或通过信号传输线将信号发送给中央信号屏。而控制装置在故障情况下,该部分输出信号还会驱动报警信号回路,并完成信号处理的整个流转过程。

2.4 控制软件的代码调试

考虑到控制装置结构的复杂性,在软件的代码调试过程中,采取按功能分类调试的步骤进行,这样可简化复杂的调试工作。

代码重构采用的是 Step7 语言,因此本次代码的模拟调试采用 SIEMENS PLCSIM 软件进行代码调试。其主要围绕以下几个功能块进行:①就地的

分、合闸操作调试及功能验证。②远方的分、合闸操作调试及功能验证。③手柄闭锁,本站和邻站的框架以及邻站联跳等信号的动作特性的验证。④各类信号输出的验证等。⑤直流开关柜自动重合闸的动作特性验证。

在以上所有各类信号动作特性的调试过程中,为使各类调试更为简捷和直观,采用了 PLC 通信程序对 PLC 的状态寄存器以及 PLC 的各类运行信息进行处理和分析。

实际测试结果表明,控制装置软件的代码升级取得了很好的效果,各个功能模块均实现了相应的功能。

2.5 控制装置的控制功能验证

直流开关运行过程中,在发生本站的直流增量电流速断和延时动作保护,以及邻站联跳等保护动作和开关在分位状态下操作合闸的过程中,控制程序会进入到自动重合闸(或测试合闸)的功能处理模块中,并根据信号检测结果来判断是否驱动输出模块使直流开关变位。整个合闸过程可分为两种结果:

1) 母线测试电压不正常:在该情况下,母线电压继电器无法动作,表示从母排到接触网及钢轨之间有短路情况;在该操作过程中,对照该类情况下 PLC 的内部输入和输出状态序列可以看出,在母线无电压的情况下,经过 5 次测试合闸后,控制器会输出持续短路或开关本体故障信号,并将信号发送到远方显示装置上,用来驱动就地及远方的声光报警设备。

2) 电压继电器正常,直流开关柜内部操作机构无法正常合闸:通过 PLC 的通信程序,可以得到在该状态下 PLC 的控制合闸顺序操作序列。在母线电压正常情况下,控制装置通过电压继电器的输出接点,在线路测试的过程中会将电压正常的状态信号输入,然后操作直流开关的输出点位的指令,由操作机构执行操作。通过序列分析,在电压继电器正常情况下,测试合闸程序可执行 4 次的测试操作,在该类牵引变电站中的开关动作特性比较特殊,而且模拟中叠加了操作机构故障的信息,所以出现了最终无法合闸的柜体故障信号。该类信息会通过控制装置的输出模块,将信号输出到声光报警设备中,作为运行人员处理该类故障的参考信息。

通过 PLC 通信软件的信息反馈,可以得到该控制装置其他各类操作和功能的运行结果,通过对控

(下转第 179 页)