

IEC61850 变电站自动化系统在供电 整流系统中的应用与分析

张海平¹, 秦志国²

(1. 中国铝业股份有限公司兰州分公司, 甘肃 兰州 730060; 2. 深圳市华力特电气股份有限公司, 广东 深圳 518057)

摘要: IEC61850 变电站自动化系统在国内部分变电站已得到了应用, 在有色冶金行业也已开始应用并已体现出其显著特点和优势。介绍了首个应用在铝行业 220 kV 供电整流系统中的 IEC61850 工程实例, 分析了 IEC61850 变电站项目组网及调试的关键点, 指出了通讯软件开发的要点, 为 IEC61850 变电站项目的实施和通讯接口的调试提供了参考。

关键词: IEC61850 变电站; MMS; 逻辑节点; 数据对象; 环网; 交换机; 报告

Application and analyzing of IEC61850 system in substations at commutating supply system

ZHANG Hai-ping¹, QIN Zhi-guo²

(1. Lanzhou Branch, Aluminium Corporation of China Limited, Lanzhou 730060, China;

2. Shenzhen Farad Electric Co., Ltd, Shenzhen 518057, China)

Abstract: IEC61850 transformer substation automatic control system has been applied in some of the domestic transformer substations. The system is also being applied in the nonferrous metallurgy field with its obvious character and advantages. This paper tries to make an introduction on the first applied industrial case IEC61850 for 220kV power supply commutation system in aluminum smelting field. This paper analyses the net construction and commission character of the IEC61850 transformer substation project, which explores the key points of the software and make a reference to the application of the IEC61850 project as well as the commissioning of the communication interface.

Key words: IEC61850 systems in substations; MMS; logic node; data object; ring network; switchboard; report

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2008)12-0078-05

0 引言

近年来,随着国内外对铝产品需求的不断扩大,我国电解铝工业发展迅速,铝行业新建项目规模不断扩大,电解工艺使用的直流系列电流不断增大,电解车间内的直流杂散磁场源对电力监控系统设备产生的电磁干扰越来越严重,供电系统设备和通讯网络需要具有更高的运行性能才能在强电磁干扰的工艺环境条件下正常工作。从近年来新建电解铝项目的运行情况来看,供电系统中智能电子设备的电磁兼容性至少需要达到4级或以上水平,通讯网络需具有良好的抗干扰性才能保证系统正常运行。现阶段,许多铝厂都在尝试提高供电系统的运行性能,但大都局限于去选择电磁兼容性高的设备或改善通

讯介质来改进,都没能取得实质性的改进效果。电解铝行业迫切需要引入新的技术进一步提高供电系统的运行性能。

中国铝业股份有限公司兰州分公司位于甘肃省兰州市红古区,目前已投运生产的350 kA电解铝工程和在建的3×300 MW自备电厂工程是中铝股份有限公司的重点工程项目,也是中铝兰州分公司发展战略规划中重要的技改项目。该项目220 kV供电、整流综合自动化监控系统采用了IEC61850变电站自动化技术,突破了以往铝行业综合自动化监控系统的设计方案和配置模式。在国内,如此大规模的把IEC61850技术应用于铝厂和自备电厂变电站供电系统并成功投运尚属首家,该项目带动了国内电力系统和电解铝行业在综合自动化方面的技术革新

潮流。

1 IEC61850 变电站自动化系统概述

IEC 61850 变电站自动化系统分为 3 层:变电站层、间隔层和过程层;在变电站层和间隔层之间,信息交换采用抽象通信服务接口映射到制造报文规范(MMS)的方式,采用传输控制协议/网际协议(TCP/IP)完成信息传输;在间隔层和过程层之间,采用单点向多点的单向传输模式;变电站内的智能电子设备均采用统一的协议。

IEC61850 的特点是:1)面向对象建模;2)抽象通信服务接口;3)面向实时的服务;4)配置语言;5)整个电力系统统一建模。IEC61850 建模了大多数公共实际设备和设备组件。这些模型定义了公共数据格式、标识符、行为和控制在,例如变电站和馈线设备(诸如断路器、电压调节器和继电保护等),并通过自我描述方式体现出来。

采用 IEC61850 变电站自动化系统,可以大幅提高供电系统的抗干扰能力,增强系统稳定运行性能,IEC61850 变电站自动化系统为电解铝厂供电监控系统提供了解决方案。

2 兰州分公司 IEC61850 变电站自动化系统介绍

兰州分公司 220 kV 供电、整流系统按照 IEC61850 变电站自动化系统标准设计实施,分为变电站层和间隔层两层。因目前还没有成熟的过程层设备投入市场,该项目中过程层未按照 IEC61850 标准设计和实施。

2.1 变电站层

变电站层的核心是两台监控服务器,承担数据收集和转送的重要任务。服务器安装的铝厂专用监控软件支持各种标准通讯规约,支持标准 OPC(对象链接嵌入用于过程控制)接口和规约定制功能,满足铝厂综合自动化系统智能装置种类多通讯规约不统一的特点对接口的要求。软件中集成了支持 IEC61850 的开放式 OPC 协议,通过 IEC61850 OPC 接口软件完成和 IEC61850 设备的信息采集和处理功能。变电站层设备通过独立的以太网总线相互交换信息,处理后的数据由数据存储服务器经防火墙送到外网。两台服务器之间通过以太网互相备份数据达到数据冗余备份的功能。厂区各部门可以直接通过工厂 MIS(管理信息系统)网访问数据备份服务器查看运行数据报表,也可通过安装监控软件的客户端工具直接从远方查看实时运行数据。

IEC61850 变电站项目中,交换机肩负着连接变

电站层和间隔层设备的通讯枢纽作用,交换机的选型、组网非常重要,需要选用支持 IEC61850 标准的工业级光纤以太网交换机。该项目现场安装的交换机选择光纤以太网口,在中央控制室安装的交换机选择同时具有光纤以太网口和 RJ45 接口的混合型交换机。

2.2 间隔层

铝厂 220 kV 供电、整流综合自动化系统主要由 220 kV 整流保护监控系统、整流监控 PLC 系统、整流机组滤波补偿系统、10 kV 保护监控系统、350 kA PLC 稳流控制系统组成。间隔层 IEC61850 通讯设备主要包括 220 kV 整流保护监控装置和 10 kV 保护监控装置,通讯口选用双冗余故障自切换光纤以太网口,接入光纤交换机环网后和变电站层设备建立通讯。

3 系统特点分析

1) 网络结构简单

IEC61850 变电站自动化网络结构分为变电站层、间隔层、过程层三层结构,结构简单,便于管理。

2) 装置通讯功能可以得到充分发挥

IEC61850 变电站通讯系统通过制造报文规范(MMS)传输信息,MMS 可传输文本信息和其它格式的数据,装置可以通过高速以太网同时与多个监控主机或多个维护软件通讯。突破了以往单点对单点的通讯模式,充分发挥出了装置的通讯性能。

3) 系统调试和后期维护工作量少

具有 IEC61850 标准的装置具有互换性和自描述功能,不同品牌或相同品牌的装置通过简单的配置即可互换使用,不需要再做链路配置和后台监控配置,不需要考虑规约是否兼容等问题,在很大程度上简化了调试工作,缩短了停电时间,减少了维护工作量。

4) 供电系统的可靠性增强

兰州铝业 IEC61850 项目通讯网络由光纤以太网组成,信息交换采用 MMS 通讯规约,从通讯介质和通讯机制方面保证了变电站内信息的及时传输和控制命令的正确下发,为变电站自动化系统的稳定运行提供了保障。

4 IEC61850 通讯网络分析

IEC61850 主要应用于变电站、工业配送电力系统,每种系统中的电磁干扰、装置分布情况、运行人员技术水平情况均不相同,网络结构应从可靠、灵活、易维护、冗余易恢复几点出发来设计组建。

环网结构(图 1)和星型网络结构(图 2)是 IEC61850 变电站系统比较典型的两种网络拓扑结构。兰州铝业 IEC61850 变电站系统采用的是图 2 所示的网络结构。

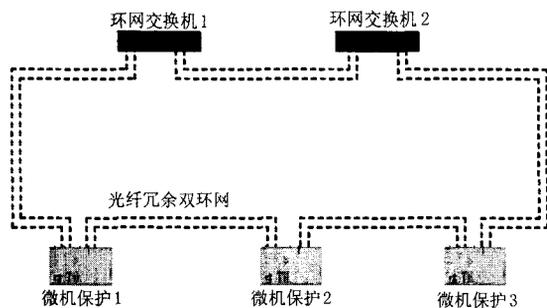


图 1 环网结构

Fig.1 Ring network structure

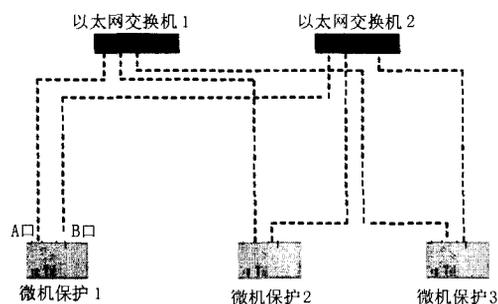


图 2 星型网络结构

Fig.2 Star network architecture

在图 1 和图 2 所示的两种结构中,装置之间可根据现场要求和智能装置的特点采用屏蔽通讯线或光纤连接,减少电磁干扰对通讯网络的影响。

图 1 所示的环形和图 2 所示的星形是应用较多的两种典型结构,两种网络结构都具备通讯冗余功能。项目实施过程中要根据现场情况和通讯装置的特点来确定网络结构。兰州铝业使用的 GE 微机保护装置具有两个互为主从、故障时冗余自动切换的光纤以太网通讯口,可以组成图 2 星型网络结构,相互冗余的两个通讯口分别接入两台以太网交换机,交换机组成环网,保证了冗余的两个通讯口切换后能不间断地和客户端保持通讯。

电力系统变电站和工业系统输配电系统对信息的及时反应、控制的迅速、正确执行的要求都比较高,要充分发挥出 IEC61850 系统的优点,所搭建的通讯网络需要具备以下两个特点。

1) 稳定可靠运行

组建的通讯网络的质量将直接影响它是否能高效的为综合自动化系统服务。变电站自动化系统实施的首要工作是搭建网络系统,项目实施之前要根

据装置特点和现场情况做详细的网络规划和实施计划,确保通讯网络组建后稳定可靠运行。IEC61850 变电站所有节点都带有自描述属性,方便组态和信息处理的同时增加了通讯系统数据交换量和数据库容量,且 IEC61850 通讯机制会在网络中断时断开和客户端的连接,通讯网络稳定可靠运行对 IEC61850 变电站自动化系统更为重要。

2) 故障自恢复

随着电力自动化监控系统在电力系统和一些重要工业配电系统的广泛应用,操作员已越来越依赖于信息反馈速度快、信息内容丰富的监控系统,对通讯网络稳定程度的要求也越来越高,所以在筹划网络时,要充分考虑通讯网络故障后是否能在短时间内恢复。在 IEC61850 系统中,当采用信息报告即时上送模式时,客户端和服务端之间的连接会在通讯时间溢出时中断连接,所以搭建的 IEC61850 通讯网络应具备很强的自愈能力。合理规划构建一个具备故障自恢复能力的网络才能发挥出 IEC61850 变电站系统中优势。

5 IEC61850 变电站通讯调试分析

IEC61850 变电站系统简化了通讯网络的调试工作量,调试工作主要集中在通讯参数的处理上。IEC61850 通讯机制中支持订制式的数据采集方式,任何客户端可根据需要激活或和目标服务器的连接,客户端可即时选择所采集信息的上送方式和信息格式。在报告使能位 (RptEna)、包含的任意域 (OptFlds)、触发选项 (TrgOps)、完整性周期 (IntgPd) 等参数正确向服务器订制成功后,客户端才能正常接收到信息报告。在该项目调试过程中,在这些参数的处理方面遇到的问题最多。报告使能位 (RptEna) 处理不好会带来通讯反复中断或 SOE 信息丢失的问题;包含的任意域 (OptFlds) 参数设置不合理,会采集不到需要的信息;触发选项 (TrgOps) 确定了信息报告上送的方式;完整性周期 (IntgPd) 和触发选项 (TrgOps) 配合使用,处理不好会造成通讯中断等问题。以下是兰州铝业 IEC61850 项目通讯调试过程中对这些参数的分析和总结,以供参考。

1) IEC61850 信息报告 (Report)

IEC61850 标准中对 Report 做出的定义是:一组大家认可的、或由客户端规定的由智能电子装置 IED 编排好的数据集。该数据集由智能电子装置 IED 定时(在指定时间间隔内)或应要求传给客户端。报告可以按服务器中预先设定的触发条件触发产生,也可以按客户端订制的触发条件触发产生。

可以把 Report 的获取方式归纳为三种: a. 定时触发; b. 预设方式触发; c. 客户端定制。实际应用中, 工程师可根据需求选择一种或多种报告获取方式。

2) 报告使能位 (RptEna-report enable)

如果该位值为 TRUE (真), 报告代理者将在由登录属性所指明的事件控制对象内进行登录, 并可接收相应的事件提示, 产生在报告控制对象中规定的报告。如果值为 FALSE (假), 报告代理者将不在以前登录过这种报告控制对象的事件控制对象内进行登录, 停止发出报告。以简单的示例图表示如下:

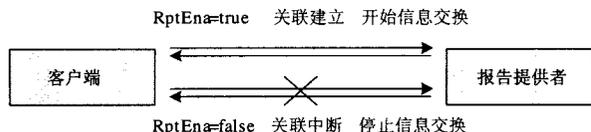


图3 报告使能

Fig.3 RptEna

RptEna 值为 TRUE, IEC61850 OPC 客户端可以从智能装置接收信息报告, RptEna 值为 FALSE, IEC61850 OPC 客户端与智能装置之间的连接中断, 将不能接收任何信息报告。当客户端采集报告提供者的信息报告时, 需先设置报告提供者的 RptEna 的值为 TRUE, 如果报告提供者连接繁忙, 需排队等候直到报告提供者连接空闲。

当智能装置初始带电时 RptEna 被初始化设置为 FALSE, 以避免网络中报告数据溢出, 直到主站准备就绪; 为了节约网络资源, 运行中智能装置会检测和已激活客户端之间的 ‘Dead’ 连接, 当智能装置和已激活客户端之间的 TCP 连接时间超过 120 000 ms 而没有任何数据事件发生, 智能装置会改变 RptEna 的值为 FALSE 关闭连接, 以给其它客户端获取信息报告的机会; 如果 destAE (目的应用实体) 是 NULL (空), 报告使能位 RptEna 也将被设置为 FALSE (假), 在客户端和服务器之间的连接也会被关闭。当网络中有多个客户端主机需要同时从一台智能装置采集信息时, 需

表2 OptFlds值的换算表

Tab.2 The value of OptFlds

OptFlds:	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Bit 8	Bit 9	Bit 10-15
值30720	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	000000
值32128	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	000000

4) TrgOps (触发选项)

TrgOps (触发选项) 定义了触发报告的方式。通常采用的方式有三种: (1)Data-change(数据变化); (2)Integrity(周期性); (3)General interrogation(总召喚)

当 Data-change 触发方式有效时, 遥信量和模

要在服务器 (指智能装置中提供 IEC61850 服务的 Server 程序) 中开放多个信息报告区。

3) OptFlds (包含的任意域-optional fields to include)

这个属性定义了任意标题域的子集, 被选择的子集将被包含在报告中。此域标识符是: SEQUENCE_NUMBER (顺序_号)、REPORT_TIME_STAMP (报告_时间_标记)、REASON_FOR_INCLUSION (包含_原因)、OUTPUT_DATA_SET (输出_数据_集)。OptFlds 字段中比特位的分配见表 1。

OptFlds 位串的值没有任何意义, 位的状态反映了它所代表的子集内容是否在信息串中出现, 当 RptEna 值为 True 时, 位串的值不能改变, 在客户端或监控程序向服务器初始化这个参数时, 需注意这个位串的处理方式。在实际应用中, 这个位串会占用一个 16 位的寄存器, 位串中的 bit0 位并不是 16 位寄存器中的低字节中的 0 位, 至于位串中的每一位该是 True 还是 False, 要根据服务器端所能支持的内容和客户端的具体需要来定。如表 2 是实际应用中位分布情况和对应换算后的设置值。

表1 包含的任意域比特位分布

Tab.1 The bit position distribution of optFlds

ACSI Value of BRCState	MMS Bit Position
Reserved	0
Sequence-number	1
Report-time-stamp	2
Reason-for-inclusion	3
Date-set-name	4
Data-reference	5
Buffer-overflow	6
EntryID	7
Conf-rev	8
segmentation	9

拟量值的变化都可触发信息报告, 模拟量与遥信量的区别是可选择按死区方式触发报告。模拟量选择按 deadband 方式触发报告可以减少模拟量上送的次数节省系统资源。

IEC 61850-7-3 中对 “db” 值的原文表述是 “The value shall represent the percentage of

difference between max and min in units of 0.001 percent”，简单来讲就是以 0.001% 为单位用百分数来表示最大值和最小值的之间的差异。所以设置“db”值时先要计算出目标模拟量的最大值和最小值。不同种类的装置对模拟量最大最小值的定义和计算公式不同。GE L90 保护装置给出的相电流的最大值计算公式为 $46 \times \text{phase CT primary setting}$ ，而 GE F650 保护装置直接给出了相电流的范围 0~

160 A，做计算时需要注意。

TrgOps 也是以位串的形式来设置，位串中 bit 1 的状态表示以 data-change 方式触发报告，bit 4 的状态表示以 integrity 方式触发报告，bit 5 的状态表示以 general interrogation 方式触发报告。

表 3 列举了选择不同触发方式时 TrgOps 位串的分布和值。

表3 TrgOps值的换算表

Tab.3 The value of TrgOps

TrgOps:	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6-7	值
选择data-change	0	1	0	0	0	0	00	64
选择integrity	0	0	0	0	1	0	00	8
选择data-change和integrity	0	1	0	0	1	0	00	72

5) IntgPd

完整的周期。当在 TrgOps 中选择了 integrity 触发方式后，该值起作用。如果保持客户端和智能装置之间的连接，IntgPd 的值不能小于无数据事件服务器复位 TCP 连接的 Timeout 时间值 120 000 ms。

在做通讯软件开发时，要根据以上几个参数所实现的功能，做好算法和处理，这几个参数是否被正确处理将直接影响通讯的质量和效果。

6 结束语

IEC61850 变电站自动化系统应用于电解铝厂供电整流系统，解决了电解车间内直流杂散磁场源对电力监控系统设备带来的干扰问题，提高了供电系统运行性能，降低了后期维护工作量。中铝兰州分公司 350 kA 电解铝工程 IEC61850 变电站系统于 2007 年 5 月份正式投运，系统没有因监控网络系统的问题造成停机或停止供电，已体现出当网络和通讯设备故障或检修时冗余光纤网络无扰动切换、不影响系统正常运行的优越性。投运以来的运行情况已初步显现出 IEC61850 变电站系统巨大的优越性和潜在的经济效益。

参考文献

- [1] IEC61850 标准,变电站通讯网络和系统[S]. IEC61850 TECHNICAL REPORT,Communication Networks and Systems in Substations[S].
- [2] GE工业系统.L90.线路差动继电器用户手册[Z]. GE Industrial Systems.L90 Line Differential Relay UR Series Instruction Manual[Z].
- [3] SISCO, Inc .AX-S4 MMS for Windows User's Guide[Z]. 1994-2005.
- [4] 孟祥忠,王玉彬,张秀娟.变电站微机监控与保护技术[M].北京:中国电力出版社,2004. MENG Xiang-zhong, WANG Yu-bin, ZHANG Xiu-juan. Transformer Substation Microcomputer Monitoring and Preservation Technology[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.

收稿日期: 2007-08-21; 修回日期: 2007-11-13

作者简介:

张海平(1966-),男,工程师,研究方向为电力系统继电保护;

秦志国(1975-),男,工程师;研究方向为变电站自动化及电力系统控制。E-mail:qinzg@chinafarad.com

许继承担的国家重大技术装备研制专项顺利通过专家组中期检查验收

5月20日,许继承担的国家重大技术装备研制专项——“兆瓦级垂直轴风电机组并网及控制系统设计与研制”项目,在许昌顺利通过专家组的中期检查评审。

以国务院三峡办主任郭树言为首的专家组分别听取了许继柔性输电公司对项目执行情况的介绍,审查了项目评审资料,并对控制与并网装置产品样机进行了现场测试。

专家组认为,本项目完成了“兆瓦级垂直轴风电机组控制与并网系统研制”项目目标责任书规定的中期阶段研制内容,各项参数指标符合项目目标责任书的要求,同意通过中期检查。