

智能水电厂现地控制单元发展趋势

严 杰, 蔡守辉

(国网电力科学研究院/南京南瑞集团公司, 江苏省南京市 210003)

摘要:介绍了智能水电厂概念的提出对水电厂计算机监控系统现地控制单元(LCU)的影响,从LCU的结构模式、智能可编程逻辑控制器、LCU的安全稳定3个方面总结了目前水电厂LCU的现状和不足,并着重探讨了未来的智能水电厂LCU的发展趋势。

关键词:智能水电厂; 现地控制单元; 智能可编程逻辑控制器

0 引言

随着国家大力发展清洁能源和国家电网公司坚强智能电网战略的实施,水电厂目前的生产、管理系统已经不能满足新形势下的要求,其智能化水平亟待提升。面对自身科研力量的不断创新和水电厂战略发展的迫切需要,国网电力科学研究院会同白山水电厂专家提出了智能水电厂的概念:以坚强智能电网为服务对象,以源网协调发展的“无人值班”(少人值守)模式为基础,以通信信息平台为支撑,具有信息化、自动化、互动化特征,包含水电厂的状态检修系统、经济运行系统、大坝观测系统、信息统一平台、监控系统和基础自动化系统等各个环节,实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合的现代水电厂^[1]。

作为水电厂计算机监控系统的现地层核心设备——现地控制单元(LCU),智能水电厂对其提出了更高的要求。LCU不仅要实现安全可靠运行,还要实现其智能特性:信息化、自动化和互动化。以往的水电厂LCU主要强调“自动化”,对“信息化”和“互动化”并没有涉及,这就无法满足当前坚强智能电网的发展需要。因此,研究水电厂LCU的智能化发展趋势是一项十分紧迫和必要的任务。

通过对国内大中型水电厂LCU的研究和总结,基于最新的国际标准和规范,结合新老水电厂现场运行经验和用户需求,本文分别从水电厂LCU的结构模式、智能可编程逻辑控制器(iPLC)和LCU的安全稳定等3个方面,探讨智能水电厂LCU的发展趋势。

1 LCU的结构模式

“触摸屏+可编程逻辑控制器(PLC)+通信管

理装置”模式是目前水电厂LCU的主流模式,是新建电厂和老厂改造的首选模式,有着运行稳定、可靠性高、通用性广的优点^[2]。其结构如图1所示。

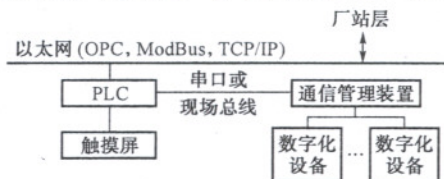


图1 “触摸屏+PLC+通信管理装置”模式的LCU结构

该模式以PLC为核心,对上采用过程控制对象链接与嵌入(OPC)、ModBus、TCP/IP等协议与厂站层上位机通信,对下使用串口ModBus协议或现场总线协议与专用通信管理装置、触摸屏等设备通信。PLC除了需要负责处理数量众多的I/O信号,还要统一处理LCU所有外部和内部的实时通信。通信管理装置专门为电力行业开发,用于辅助PLC和种类繁多的水电厂数字化设备通信,弥补了常规PLC通信能力弱的缺点。

考虑到水电厂智能化发展必然会采用更多基于微处理器的智能二次设备,这将对图1所示的“触摸屏+PLC+通信管理装置”结构模式带来巨大的挑战。首先,目前主流的通信管理装置所支持的设备通信数量有限,通信速率较慢,设备较多时将会产生瓶颈,影响LCU的监控性能;其次,该模式结构较复杂、通信路径较集中和单一,若PLC或通信管理装置出现故障,现地二次设备的信号将无法传输;另外,目前种类众多的现地二次设备没有统一标准的数据信息模型,不同的产品往往难以互联,系统平台和设备管理复杂繁琐,生产过程数据分散,无法有效共享和利用,生产维护和升级改造成本成倍增加。

目前,国际电工委员会(IEC)所制定的基于网络平台的IEC 61850标准是针对水电厂设备通信的最新国际标准,该标准支持模型制定、接口抽象、服

务映射、协议转换等高级功能,支持智能设备直接上网的新型设备管理方式^[3]。IEC 61850 标准提供了水电行业一直缺少的统一数据信息模型,简化了通信的网络结构,降低了不同厂商设备之间的通信难度,可以较大地提高通信效率和质量,使设备之间通信不再依赖 PLC 或通信管理装置。新标准的实现与水电厂的智能化密不可分,将彻底改变当前的 LCU 结构模式,形成“智能设备直接上网”的智能 LCU 结构模式,基本结构如图 2 所示。

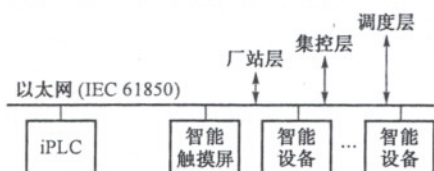


图 2 “智能设备直接上网”模式的 LCU 结构

“智能设备直接上网”新模式采用 LCU 现地层交换机将智能 PLC、智能触摸屏及其他智能设备组成星形或环形网络,任何设备之间都通过 IEC 61850 标准进行智能通信。这种模式的优点是统一的标准和模型使不同厂家的设备可以直接组网互联,而不需要通过 PLC 和通信管理装置的单一通信方式,智能设备的可靠性、互操作性、互换性和可管理性都得到了很大的提高。iPLC、厂站层、集控层甚至调度层都可以与现地层智能设备进行通信,实现数据共享,各取所需,增强了监控系统的通信能力和可靠性,降低了系统对特定通信设备的过分依赖。目前,大多数流域电站都提倡建设集控中心,该模式使集控中心可以直接监控现地层 PLC 及其他智能设备,简化通信网络结构,增强通信数据的可靠性,强化集控中心的实际控制能力^[4]。

由于水电厂二次设备种类繁多,实现 IEC 61850 标准需要一个较长的过程。在过渡阶段,部分二次设备采用串口通信、ModBus 协议的情况仍会长期存在。同时,IEC 61850 标准是一个开放的标准,支持协议转换,支持目前暂不支持 IEC 61850 标准的设备接入。水电厂可以根据自身特点在原有结构模式的基础上,实现 iPLC 和部分二次设备的标准化通信。

2 iPLC

PLC 是 LCU 的核心部件,负责 I/O 信号的处理、控制流程的执行以及与上位机等设备的通信,其地位相当于 LCU 的“大脑”。LCU 实现智能化,最重要的一步就是对 PLC 实现智能化。目前,通用 PLC 的性能指标和产品质量已经毋庸置疑,但考虑到电力行业的特殊情况和智能水电厂的具体要求,

通用 PLC 的功能并不能很好地满足水电厂的实际需要。故有必要研究水电厂 iPLC 发展的主要方向,以便于未来的 PLC 选型或研发。

2.1 更多的 I/O 接口数

目前,大中型水电厂每台机组的 I/O 接口总数经常超过 1 000 个,开关站和公用坝区的 I/O 接口总数则可能更多。随着水电厂自动化的进步,其 I/O 接口总数也从少到多逐渐发展。水电厂 LCU 的 I/O 接口数一方面受制于现地层测量仪表的价格和数量,另一方面也受制于 PLC 的 I/O 接口总容量。故水电厂 LCU 监控的 I/O 接口的数量,一定程度上体现了水电厂的智能化水平。可测量的个数越多,水电厂的监控系统就可以设计得更智能。

随着现地层测量仪表的不断发展,其成本越来越低,体积越来越小,功能越来越强大。当现地层测量仪表的成本和性能不再是水电厂自动化系统设计的瓶颈时,其使用数量会大大增加,以满足测量源的精度和可靠性要求。这将导致水电厂 LCU 的 I/O 接口总数的增加,现有的 PLC 的 I/O 接口总数上限将受到挑战。通用 PLC 由于其体系结构的特点,对其 I/O 接口总数往往都有限制,特别是中断量事件顺序记录(SOE)信号量和 I/O 接口总数。故 iPLC 必须支持更多的各类 I/O 接口,这是水电厂实现智能化的基础。

2.2 设备通信标准化

目前,水电厂 PLC 外部通信缺乏统一完善的标准。常用的通信接口有 RS-232/RS-485, MB+, CAN, ProfiBus 及以太网;常用的通信协议有 ModBus、TCP/IP、OPC、IEC 60870-5-102 (简称“102 协议”)、IEC 60870-5-103 (简称“103 协议”)、DL 645 以及各种现场总线自带的协议。PLC 与不同的外部设备互联时采用的协议多有不同,水电厂如此多的通信协议使广大设备研制厂家极大地增加了开发投入,对工程人员的技术要求也急剧提高,对水电厂的生产维护成本也相应提高,同时过于复杂的通信网络也会影响系统的安全可靠性。

2007 年 8 月 IEC 颁布的 IEC 61850-7-410《电力公用事业自动化通信网络和系统水力发电厂监测和控制用通信》定义了 IEC 61850 用于水电厂时需要的附加公用数据种类、逻辑节点以及数据对象,为 iPLC 的设备通信提供了一个强大而灵活的工具,解决了 iPLC 发展中的通信网络和协议等关键技术。此外,新增的国际标准 IEC 61850-80-1 用于 IEC 61850 和目前广泛使用的 IEC 60870-5-101 与 IEC 60870-5-104 通信的协议转换和映射,甚至可以实现 iPLC 直接与集控和调度的通信^[5]。作为未来水电

厂通信的国际标准,对于实现水电厂智能化是十分关键的,iPLC 必须支持该标准通信。

2.3 支持智能算法

智能控制是在人工智能和自动控制等学科基础上发展起来的交叉学科,是控制理论发展的高级阶段。水电厂在水轮机运转特性控制及转速调节、发电机功率调节、自动发电控制(AGC)、流域电站优化调度和经济运行以及水电厂状态检修等控制中,都可以采用智能控制算法以获得良好的动态性能和鲁棒性。因此,把各种控制算法应用在智能水电厂,将产生巨大的经济价值,也是智能水电厂未来发展的重要方向。

由于常规 PLC 本身的硬件设备和软件编程环境的局限性,智能控制算法在 PLC 上得不到全面的应用。iPLC 不仅要提高本身的硬件性能,满足智能算法的运算速度需求,还要简化智能算法的编程,提供更丰富的组态和编程环境。在对智能算法的支持方面,可编程自动化控制器(PAC)的技术值得参考,它不仅支持 IEC 61131-3 中的多种 PLC 编程语言,还支持计算机平台上的多种高级编程语言,如 C, C++, Java 等^[6]。总之,iPLC 应具备在现场环境中代替工业计算机执行复杂智能控制算法的能力。

2.4 功能更完善

水电厂 LCU 对 PLC 的选择总会在 PLC 的品牌与功能之间进行对比。知名品牌的 PLC 因为不是专门针对水电行业设计,往往不能很好地适应水电厂的特殊需求,不能让用户满意。而某些主要针对水电行业需求设计的 PLC,其专业的功能和现场的适应力,用户评价普遍很高。因此,iPLC 应以功能完善为起点,以满足用户需求为目标,并具有较高的品牌价值。

硬件功能上,iPLC 应提供对 SOE 信号量既方便又有良好性价比的支持,提高现场事件信号分辨率,以满足水电厂对故障产生原因进行准确分析的需求^[7]。iPLC 还应具有实时冗余切换、模件诊断、人机交互、全球定位系统(GPS)对时、浪涌抑制等电厂常用功能。此外,iPLC 还可以根据电厂的监控需求,提供一系列安全可靠、性能良好的电力行业专用功能模件,如同期、交采、测速、温度巡检等。

软件功能上,iPLC 应吸收嵌入式系统的研究成果,采用新型软件构架,提高程序执行效率^[8];符合 IEC 61131-3,并支持高级编程语言,提供用户丰富的编程手段;提供多语言支持,满足国内外工程的不同需要;提供多种下载调试手段,适应不同的现场环境需求。

3 LCU 的安全稳定

任何智能控制与通信必须在设备安全稳定的前提下实现,故智能水电厂对 LCU 的安全稳定性要求更高。根据 LCU 智能化的特点,以下对涉及智能水电厂 LCU 安全稳定的 3 个重要方面进行探讨。

3.1 电源标准化

水电厂 LCU 的内部电源可以分为信号电源和工作电源 2 类。信号电源主要供 PLC 的 I/O 模件使用,采用直流 24 V 电源已经是计算机监控系统及二次控制行业默认的准则。工作电源由于 LCU 内部设备电源不统一,常见的电源等级都有使用,如交流 220 V、直流 220 V、直流 24 V 和直流 5 V。PLC 工作电源使用 24 V 居多,其他二次设备一般都同时支持交流 220 V 和直流 24 V 供用户选择。过多的电源等级将导致 LCU 电源设备增加,布线复杂,增加生产维护成本,降低安全性和可靠性^[9]。

考虑到水电厂 LCU 的智能化趋势,采用交流 220 V 供电的二次设备将越来越少。智能设备由于采用微处理器技术,电源通常都直接使用直流 24 V 供电以减小体积,降低功耗。统一的电源电压可以简化 LCU 的结构布线,提高 LCU 的安全可靠性,易于形成行业标准化。同时,直流电源较交流电源具有更好的稳定性,且 24 V 对人员和设备都是安全电压,可以考虑将 LCU 柜内设备尽量采用直流 24 V 工作电源,并最终形成 LCU 的电源标准化。

3.2 控制安全性

智能水电厂 LCU 的控制安全性极为重要,除了保证 LCU 设备正常情况下控制的正确性外,还需考虑设备故障情况下的保护性措施。需要从硬件和软件 2 个角度进行统筹考虑,保障水电厂在各种运行状况下的生产安全。

硬件上,根据电力行业“安全第一”的特殊情况和水电厂复杂的电气环境,智能水电厂 LCU 在设备选择上需满足电磁兼容性和浪涌(冲击)抗扰度。iPLC 的开关量输出通道要求自检到输出继电器线圈,以保证控制命令与输出的完全正确一致。此外,根据水电厂的安全性要求,在 LCU 的最终开出通道上还可以考虑安装高可靠性的开关量输出保护器,通过监视开出信号电压并控制中间继电器电源的方式,禁止任何不符合规定的开出信号^[10]。

软件上,应充分考虑水电厂设备事故的异常条件,完善控制安全校核和闭锁。同时,利用 iPLC 中 I/O 接口的数量优势、高速的运算性能和强大的通信功能,设计出具有自诊断、自恢复功能的智能控制程序。

3.3 网络安全性

工业以太网以其高速、兼容、标准化和扩展性,正逐步成为未来智能水电厂 LCU 最重要的通信网络。基于以太网的智能水电厂 LCU 将提供更为丰富的功能,如 Web 服务、远程监控诊断等。但在用户得到应用便利的同时,其网络安全也受到极大的危险,攻击、入侵、病毒等都可能对控制系统造成致命的危害。所以,智能水电厂 LCU 的通信网络必须按照国家电力监管委员会的《电力二次系统安全防护规定》认真执行。

4 结语

智能水电厂是水电行业的一个新的发展趋势,涵盖了水电厂建设、运行、管理的各个方面,是一项长期复杂的系统工程,需要各方面专业技术力量的充分合作。同时,智能水电厂的具体规划、设计、实施也将指引水电行业未来的发展方向,促进整个行业的智能化、标准化、规范化发展。

参考文献

- [1] 杨贵民,高笑非.东北公司:国内首个智能化水电厂建设框架初步确定[EB/OL]. [2010-05-10]. <http://www.sgcc.com.cn/xwzx/gsxw/2010/05/223117.shtml>.

- [2] 冯启文,徐洁.水电厂计算机监控 LCU 结构模式的探讨[J].水电自动化与大坝监测,2007,31(5):24-26.
- [3] 徐洁,张红芳,蔡波,等.水电厂数字化设备各层互联技术的现状及发展趋势[J].水电自动化与大坝监测,2008,32(6):1-4.
- [4] 吴晓博,王永福,杨威,等.数字化变电站自动化系统开发建议[J].电力系统自动化,2009,33(16):96-101.
- [5] 王德宽.IEC 61850 及数字化水电厂的概念与前景[J].水电站机电技术,2010,33(3):7-10.
- [6] 郭华芳,李智文.智能控制算法在 PAC 上应用[J].微机计算机信息,2007,23(22):52-54.
- [7] 朱辰.现地控制单元在水电厂自动化中的应用和发展趋势[J].软件,2006(6):30-34.
- [8] 严杰,徐洁,孙延岭.微型一体化可编程逻辑控制器的设计[J].水电自动化与大坝监测,2010,34(1):1-4.
- [9] 刘晓波.水电厂 LCU 若干设计原则及其发展趋势探讨[J].水电站机电技术,2004,27(3):18-19,21.
- [10] 朱辰,施冲,李斌.特大型水电机组计算机监控系统的研制[J].水电自动化与大坝监测,2008,32(8):19-23.

严杰(1983—),男,通信作者,助理工程师,主要研究方向:水电厂 PLC. E-mail: yanjie@sgepri.sgcc.com.cn

Development Trend of LCU in Intelligent Hydropower Plant

YAN Jie, CAI Shouhui

(State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: The new concept of intelligent hydropower plant and its influence on local control unit (LCU) in the computer monitoring and control system of hydropower plants is introduced. The status and problems of LCU in existing hydropower plants are summarized from three aspects such as configuration mode, intelligent programmable logic controller (iPLC), and security and stability. And the development trends of LCU in the future intelligent hydropower plant are discussed emphatically.

Key words: intelligent hydropower plants; local control units (LCU); intelligent programmable logic controller (iPLC)

“大型抽水蓄能机组励磁装置的研制”项目通过验收

2011年3月4日,国家电网公司在北京组织召开了“大型抽水蓄能机组励磁装置的研制”项目验收会议。由华中电网有限公司、清华大学等8名业内知名专家组成的验收专家组听取了项目的技术报告、工作报告、测试报告、查新报告,经讨论一致认为:该装置设计合理、技术先进、功能齐全、稳定可靠、能适应大型抽水蓄能机组各种工况需求,其主要技术指标达到了国际先进水平,其中变频器启动励磁变增益控制技术、基于硬件方式转子角速度计算方法的全工况 PSS 控制技术、四象限无功功率控制技术方面达到国际领先水平,同意通过验收。

国网电力科学研究院于2007年1月承担该项目,开发研制出具有自主知识产权的大型抽水蓄能机组励磁装置,实现了大型抽水蓄能机组励磁装置的国产化。该装置于2008年11月在国网新源潘家口蓄能电厂投入运行,现场试验及并网运行情况证明系统能适应大型抽水蓄能机组各种复杂的工况需求,各项技术指标符合相关标准要求。