

五凌集控计算机监控系统关键技术

龚传利¹, 邓鹏程², 魏志鹏², 万元²

(¹中国水利水电科学研究院自动化所, 北京, 100038, ²湖南五凌电力有限公司, 长沙, 410007;)

摘 要: 本文介绍了五凌计算机监控系统实现多流域多类型电站混合监控关键技术, 详细介绍了海量数据采集技术, 集控中心二次防护安全分区, 历史数据库及 WEB 和趋势分析技术, 集控中心 AGC/AVC, 梯级及跨流域电站优化技术, 该监控系统已完成部分电站现场试验, 取得很好效果。

关键词: 多流域、计算机监控系统、梯级水电站

0 引言

五凌电力有限公司(简称: 五凌公司)下属电厂包括 12 个水电厂、1 个抽水蓄能电厂和 1 个火电厂, 已投产容量 459.46 万千瓦, 在建装机容量 245 万千瓦。水电厂分布在沅水、湘江和资江三个流域。其中, 沅水流域建成五强溪、凌津滩、洪江、碗米坡、三板溪和挂治六座电站, 在建的有白市、托口两座电站, 总装机容量 435 万千瓦; 湘江流域已建近尾洲水电厂 6.3 万千瓦; 资江流域马迹塘、东坪、株溪口三座水电站共 20.15 万千瓦。贵州黔东火电厂 2 台 60 万千瓦机组已于 2008 年投产发电。位于长沙市北郊的黑麋峰抽水蓄能电厂装有 4 台 30 万千瓦机组, 首台机组已于 2009 年 4 月投产发电。

由于五凌公司属下的电厂囊括水电、火电及抽水蓄能等发电类型, 水电厂群横跨沅水、资水、湘江三大流域, 且多处于地方偏僻、人烟稀少、交通闭塞的山区, 五凌集控计算机监控系统实现流域梯级水电厂群的“无人值班、集中控制”, 同时利用水电、火电、抽水蓄能的互补特性, 提高综合发电效益。这样既提高公司经济效益, 同时也是公司“以人为本”管理思想的必然要求, 将使更多员工从偏僻的山区走出来。

目前, 国内不少流域已建成梯级集控中心, 但真正实现多流域、多发电类型的集控中心, 五凌集控国内尚属首次。五凌集控计算机监控系统采用中水科技的 H9000 v4.0 系统[1], 本文将详细介绍该系统实现的有关关键技术。

1 海量数据处理技术

1.1 通讯规约选择

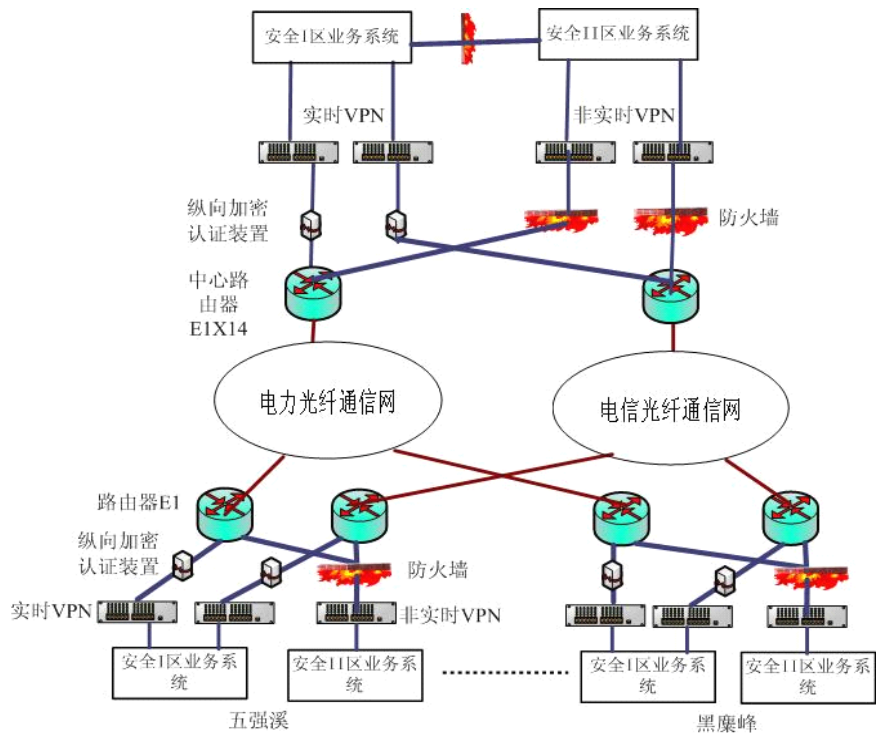
目前, 电力系统的通信规约种类很多, 有国际标准、国家标准, 也有行业标准。经常使用的主要有: 部颁 CDT 循环通信协议、DNP3.0 通信协议、MODBUS 通信协议、IEC60870-5 系列、IEC61850 等。

五凌集控因为实现目标是无人值班, 因此, 集控需采集电厂所有的模拟量和状态量, 而且需要实现对所有设备的操作。五凌公司下属电厂的监控系统由多个厂家完成, 国内厂家有

中水科技、南瑞自控，国外厂家有 ABB、ELIN 等。因此，在通讯规约选择上首先要保证海量数据实时性要求，同时需要满足通用性要求，因此采用 IEC60870-5-104 规约。

1.2 集控数据网络

集控数据网络用于集控中心与各电站之间的电站监控、泄洪闸门监控、电能量计量、水情及水调自动化、继电保护及故障信息管理、消防监控等系统实时、非实时数据交换。集控数据网络采用主、备用通道传输数据。电力光纤传输通道作为主通道，电信光纤传输通道作为备用。当电力 2Mbps 点对点光纤传输通道中断时，在设计时间内切换至电信光纤传输通道运行。当电力通道恢复正常时，电信通道自动还原为备用状态。



集控数据网划分为实时 VPN 和非实时 VPN，实时 VPN 传输发电、泄洪闸门等实时数据，非实时 VPN 传输水情、水调、电能计量、故障录波等非实时业务数据，优先保证实时数据传输。正常情况下，实时 VPN 数据通过主用电力光纤专用通道传输，非实时 VPN 数据通过备用电信光纤专用通道传输。

集控数据网采用二层结构，核心层设在集控中心，采用两台高性能的核心路由器；接入层在各个电站，每个电站配置两个接入路由器。路由器的接口配置及协议转换功能应根据网络主、备用通道的要求配置相应接口和协议转换模块，并且路由器应具有一定数量的扩展插槽。

1.3 海量数据处理

因为五凌集控的电站多，需要完成所有数据点采集工作。集控与电站通讯机采用 HP 380 G6 服务器双机热备，操作系统采用 Solaris 10。104 程序采用多子进程技术，集控每个通

讯机对一个电站分别启一个电力通道子进程和一个电信通道子进程,根据具体任务再分为多线程完成,也就是说,对每一个电站,两台机共启四个子进程。正常情况下,主控站电力通道为主用正常传数据,主控站电信通道及备机的电力、电信通道为备用通道,只发检测帧,监测链路正常与否。四个进程对应四个通道,优先级顺序从高到低为,主控站电力通道,备用站电力通道,主控站电信通道,备用站电信通道。正常情况下,主控站电力通道为主用,其他通道为备用,当优先级高的通道故障时,优先级低的通道升为主用,当优先级高的通道由故障恢复正常时,优先级高的通道恢复主用。

2 集控中心安全分区

五凌集控安全防护策略遵循电力二次系统安全防护的总体原则为“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”。

2.1 安全区 I：实时控制区

凡是具有实时监控功能的系统或其中的监控功能部分均应属于安全区 I,是电力生产的重要必备环节,系统实时在线运行,使用集控数据网络,是电力二次系统中最重要系统,安全等级最高,是安全保护的重点与核心。集控中心计算机监控系统控制网划分在安全区 I,例如:历史数据服务器、应用程序服务器、操作员工作站、工程师/程序员工作站、中心站内通信服务器、远程通信采集服务器、调度通信服务器等。历史数据服务器、应用程序服务器采用信达吉成公司的核心加固软件加固操作系统。

2.2 安全区 II：非控制生产区

原则上不具备控制功能的生产业务和批发交易业务系统,且使用集控数据网络、在线运行的系统均属于该区,例如:仿真培训和专家系统站、语音报警及 ON-CALL 系统工作站、报表管理工作站、远程维护和诊断服务器等。集控中心计算机监控系统非控制网划分在安全区 II。其它电力生产应用系统也划分在安全区 II,如:水调自动化、水文、水情自动测报、消防监控系统、继电保护及故障信息、电能量采集和报(竞)价、安全稳定控制管理等各总站系统等。

2.3 安全区 III：生产管理区

该区的系统为进行生产管理的系统,如:生产管理信息服务器、状态监测及分析系统、发电及检修计划决策系统、Web 服务器、气象服务器、工业电视系统等。集控中心计算机监控系统生产管理网划分在安全区 III,计算机监控系统通过生产管理信息服务器与划分在安全区 III的各系统通信。

2.4 安全区 IV：管理信息区 IV

实现电力信息管理和办公自动化功能,使用公司 VPN 广域网络,业务系统的访问界面主要为桌面终端,如:管理信息系统(MIS)、办公自动化系统(OA)等,其外部通信边界为因特网。集控中心计算机监控系统通过生产管理信息服务器与划分在安全区 IV管理信息系统进行通信。

2.5 安全区间隔离措施

安全区 I、II 不得与安全区 IV 直接联系，从安全区 I、II 往安全区 III 单向传输信息须采用正向隔离装置。I、II 区之间、III、IV 区之间的横向进行逻辑隔离，采用防火墙实现，可以进行双向数据交换。

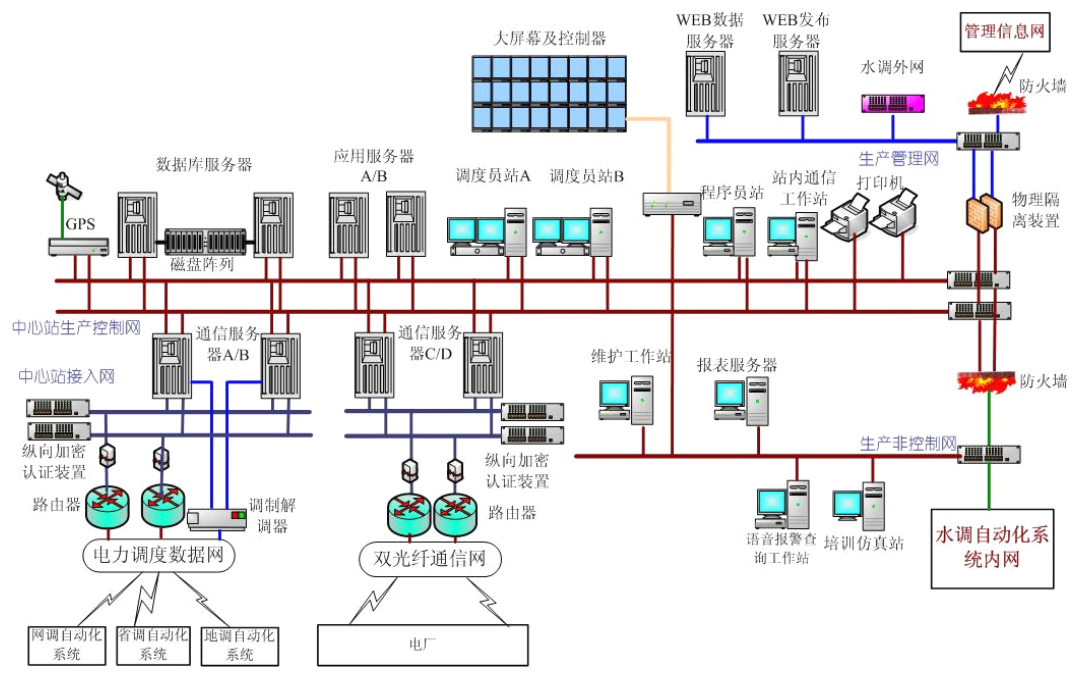


图2 五凌集控计算机监控系统总体结构图

3、区域值班员模式

五凌集控五台操作员站，需要实现针对 14 个电站，设计 20 个电站监控。根据电厂地理位置的相关性、相邻近及易于综合调度等特征，充分考虑不同电厂发电机组类型的差异，按照效益最大化、控制可靠性最高的原则，将五凌公司属下电厂群有效地划分成若干区域子群，任意区域均被视为一个调度和控制的整体，由相应的“区域电脑值班员”完成其控制与调度。区域划分不是各个子电厂的简单组合，而是按照效益最大化、控制可靠性最高、自然环境最适宜，厂间匹配最便利等要求的有机整合。

4、历史数据及 WEB、趋势分析

五凌集控 I 区配置历史数据库，通过数据表优化设计，采用数据压缩技术，设计保存一年秒级数据量。II 区配置的报表工作站安装 HReport 报表软件及 SMA2000 状态监测软件，通过防火墙访问 I 区历史数据库数据。HReport 是一个基于自动化对象技术的 Excel 插件，利用这个插件，任何熟悉 Excel 和生产过程的用户经过短时间的培训，均可快速生成电厂的绝大部分生产报表，并对其进行方便有效的管理，查阅。SMA2000 状态监测分析系统是一个海量历史数据存储、管理分析系统。该系统，以大型数据库 Oracle (或其它商业数据库，例如 MYSQL, SQL SERVER) 为后台数据库，采用面向对象的 C#.Net 为开发工具，开发集成了丰富的数据监测、数据挖掘、数据统计与分析处理功能，实现了水电站主设备运行状态的在线监测和故障分析，可及时发现设备可能存在的隐患，为检修决策与故障分析提供技

术依据。对历史数据库记录的大量设备运行状态数据进行分析 and 追忆，可为设备检修提供丰富的状态信息。系统技术先进，界面美观大方，使用灵活方便，响应性好。

III 区配置 WEB 数据服务器及 WEB 发布服务器，安装 WOIX Web 发布系统。Woix 的主要功能是实现 web 发布，基于 AJAX(Asynchronous JavaScript and XML，异步 JavaScript 脚本和 XML 技术)框架、图形使用 SVG(Scalable Vector Graphic)格式，系统的画面可转换为 SVG 格式在 WEB 站点上展示，动态缩放，提供多种动态效果展示生产过程。

4 集控 AGC/AVC

4.1 AGC/AVC 运行方式

集控中心 AGC/AVC 需要考虑下述两种调度方式：1)调度指令下发到电站由电站 AGC/AVC 运算下发指令的运行方式；2)调度指令统一下发到集控中心，由集控中心 AGC/AVC 运算下发指令的运行方式。

集控 AGC 有如下三种方式：

- 1) 调度下达电厂总负荷到集控中心，集控 AGC 分配机组负荷，集控系统通过通信系统下发到电厂机组执行。
- 2) 调度下达电厂总负荷直接到电厂，电厂 AGC 分配负荷到机组，集控中心负责电厂 AGC 的操作(如 AGC 功能、机组成组投、退等操作)。
- 3) 调度下达流域总有功给定值到集控中心，集控 EDC/AGC 分配负荷到流域各电厂机组，集控系统指令下发到各电厂机组执行。

集控 AVC 有如下两种方式：

- 1) 调度下达电厂母线电压给定值等指令到集控，集控 AVC 分配无功值到机组，集控系统通过通信系统下发到电厂机组执行。
- 2) 调度下达各电厂母线电压给定值等指令直接到各电厂，电厂 AVC 计算分配无功值到机组，集控中心负责电厂 AVC 操作(如投退等)。

4.2 AGC/AVC 有无功分配方式

集控 AGC 有功分配方式有：

1)给定电站或流域目标有功值进行优化分配，该功能在 EDC 模块完成优化分配，分配结果由 AGC 执行；

2)给定电站或流域目标有功值，机组或电站间设定一定比例系数分配法，该方式可以由电站人员根据机组和电站情况设置分配比例系数。

$$P_i = \frac{factor[i]}{factor_{总}} \times P$$

其中： P 为给定总出力；

P_i 为每台机组或电站出力；

$factor[i]$ 为当前计算的机组或电站分配比例系数；

$factor_{\text{总}}$ 为分配比例系数总和。

集控 AVC 采用下列无功分配方式：

1) 等功率因数法；

该原则下各机组功率因数相同作为分配目标。

$$Q_i = \frac{P_i}{P} \times Q_1$$

其中： P 为无功联控机组总有功， i 位机组序号， P_i 为无功联控机组有功功率。 Q_1 为无功联控机组总无功。 Q_1 为无功联控机组总无功。

2) 等裕度法；

该原则的要求是根据各台参与电压控制发电机的无功裕量大小进行无功分配。即剩余无功多的机组，提供多的无功；即剩余无功少的机组，提供少的无功。这样可以保证每台机组在其可调范围内总是具有相同额度(百分比)的调控容量；

以 PQ 曲线为依据的动态无功裕度。

需分别计算发电机动态滞相裕度 η_1 和动态进相裕度 η_2 ，作为满足触发条件时刻的无功分配依据。

$$\eta_1 = \frac{Q_{\max} - Q_{rt}}{Q_{\max}}$$

$$\eta_2 = \frac{Q_{\min} - Q_{rt}}{Q_{\max}}$$

其中： $Q_{\max}$ 为无功上限； $Q_{\min}$ 为无功下限； Q_{rt} 为实时无功。

3) 等无功容量比例分配

该原则的要求是根据各台参与电压控制发电机的无功容量比例进行无功分配。

5 集控流域优化控制 EDC

五凌公司的电厂在流域分布(沅水、资江、湘江三大流域)与电源类型(水电、火电、抽水蓄能三种类型)上均比较复杂,为了实现企业整体发电效益最大化,必须研究全局联合调度及优化控制方法,计划采用由浅入深,由易及难的研究方法,首先实现流域梯级水电厂群的优化调度与控制,在此基础上,通过建立跨流域优化补偿调度模型、研究不同发电类别之间的优化配合方法,逐步实现由“单流域、同种电源类型”的优化调度向“跨流域、混合电源类型”的联合调度及优化控制转化,最终使五凌公司的发电效益最大化。

6 结束语

五凌集控系统自四月下旬进入现场安装调试,目前已经完成碗米坡、三板溪电站的数据接入和初步调试,等调度批准试验后,将完成电站接入集控。五凌集控系统在国内首次实现集控中多流域、多类型电站混合集控。文中提到的技术可为其他大型跨流域电站集控借鉴。

参考文献:

[1] 王德宽,袁宏,王峥瀛等, H9000 V4.0计算机监控系统计算特点概要,水电自动化与大坝监测, 2007, 31(3): 16-18

作者简介:

龚传利,男,硕士,生于1975.11,高级工程师,主要从事水电站监控系统研究及软件开发。

联系电话: 13910701992 010-68781334 E-mail: hubeigcl@163.com

通讯地址:北京市复兴路甲一号中国水科院自动化所,邮编:100038。