

青峰岭教学电厂计算机监控系统方案探讨

耿素清

(成都水力发电学校 成都 610072)

关键词 水电站自动化 监控系统 计算机应用

成都水力发电学校青峰岭教学水电厂(以下简称教学电厂)始建于 70 年代,位于四川省崇庆县文锦江下游,装机容量 3.75 MW,为 3 台 1.25 MW 混流式机组。目前电厂控制系统沿用常规继电器方式,调速器为小型机调;可控硅励磁装置调节器为分立元件组成;辅助设备及自动化元器件和传感器陈旧老化,监视点少,信息显示、采集分散,故障率高,维护工作量大,全厂整体自动化水平较低,功能薄弱,为适应电力技术高速发展,培养能够掌握计算机监控技术的新型水电人才,有必要应用计算机监控技术对电厂进行改造。

1 技改的方向和目标

1.1 走自行设计开发的路

大中型水电厂计算机监控系统已有许多成功的模式,但投资一般都比较高的,如某个中型水电厂引进成套设备,投资达 2000 多万元人民币。那么对于中小型水电厂,能否走一条自行开发的道路,建立一种合理、经济的计算机监控系统模式呢?回答是肯定的。

a. 当前工业计算机控制技术、传感技术、网络通讯技术的标准化、商品化,计算机先进的软、硬件平台,友好的人-机界面和开发环境,使设计和组建系统变得更为容易了。

b. 国内成功引进和开发的水电厂计算机监控系统,如四川华能引进的瑞典 ABB MP200 系统,电力工业部南京电力自动化研究院开发的 SJ400, SJ500 系统等,都可以借鉴。

c. 在自行设计组建过程中,还可以得到一些有经验的专家们的指导和帮助,他们的经验也将是项目成功的重要保证。

d. 走自行开发的道路,将会使学校一批中青年

教师得到极大的锻炼和提高,培养一批掌握现代计算机监控技术的、有较高理论水平和设计能力的师资队伍。

e. 从投资角度讲,该项目的自行设计和组建,将减少 1/2 以上的经费投资,初步估计全部改造费用为 180 万元左右。

可见,走自己设计开发的道路是值得倡导的。

1.2 技术改造的目标

学校教学电厂虽为一座小型水电站,但作为一个教学样板和培训基地,有其较特殊的地位。笔者认为对其监控系统的改造目标是:①建立一套较为先进的、功能完善的数据采集、监视控制的工业计算机系统,达到一个中型电厂所具备的控制水平,满足教学的需要;加强对电厂主要设备的监视和控制,提高电厂运行的自动化程度和管理水平,改善运行人员的工作条件,实现少人值班的目标;②所采用的计算机系统应先进、可靠和技术上成熟,硬件为积木式结构,便于升级和扩展功能;系统软件应提供友好的界面和开发环境;应用软件采用功能模块化结构,具有相当灵活性;③教学电厂的技术改造方案应有一个比较全面的总体设计规划,但考虑到改造费用一次性投入受限等因素,可采用较长远的全面规划和分步实施的方案。

2 计算机监控系统方案的初步设计

2.1 系统功能

教学电厂计算机监控系统应完成如下功能。

a. 数据采集和处理。包括数字量和模拟量的采集和处理,数字量包括中断量(有分辨率要求的)和周期性扫描的状态量、位置量、报警信号量、脉冲量等,模拟量包括电量(电压、电流、有功/无功功率等)、非电量(压力、流量、水位、行程、温度等)。

作者简介:耿素清,女,高级讲师,从事水电站自动化及计算机监控系统研究,曾合作发表过《水轮发电机组自动化和运行》等论著。

b. 事件顺序记录、任何一次正常操作(自动/手动)、任何设备事故或故障均称为一个事件,即按发生时间先后秩序进行登录,并能显示或打印所有发生事件的设备名称、事件内容及发生或恢复的时间(年、月、日、时、分、秒、毫秒)

c. 事故追忆及相关量记录 当电站发生事故时、能对事故前后的某些重要参数和相关量进行追忆记录,供有关部门进行事故分析和处理。

d. 具有各种实时显示操作画面和资料画面,能自动或经运行人员召唤显示。实时操作画面上具有软功能键,通过跟踪球或鼠标操作软功能键,能对电站的运行过程发出调节命令,实现控制;当电厂发生事故时能自动推出相关画面。

e. 机组控制、调节及同期。可选择远方(上位机)或现地操作机组顺控开/停,机组自动准同期并网,事故紧急停机,机组断路器、隔离刀闸分/合;机组有功/无功功率给定及自动调节,频率/电压自动调节。

f. 统计与计算。电度量(有功/无功)累加及分时计度;按班、日、月、年、长年的有功/无功发电量计算。统计主要设备(机组、变压器、断路器、油压装置等)运行小时数、动作次数、事故和故障次数等工况。

g. 自动生存和定时或召唤实时打印运行日志,各类生产报表,事件、事故和故障记录。

h. 自动发电控制(AGC)。可根据全厂给定总功率曲线,确定最佳运行机组数和机组台号,按求解最小耗水目标函数,进行机组间负荷的经济分配。

i. 自动电压控制(AVC)。可根据全厂给定总无功功率曲线,采用机组间无功功率分配等控制算法。

j. 系统建立总线型通讯网络,将分布在电厂各处的独立单元以通讯方式联接起来,以实现数据、信息的相互高速传送和处理,并达到资源共享和监控的目的。通讯网络上预留与上级调度部门的接口,可加入调度计算机系统,实现计算机通讯,完成远测、遥信、遥控及遥调的“四遥”远动功能。

k. 系统具有较完善的在线故障自诊断及系统自恢复功能,应能在线诊断出系统硬件、软件及外设故障;并能自动切除故障,闭锁错误信息,显示故障编码,以缩短查找错误原因和维修时间,具有较高的平均修复时间(MTTR)性能指标;而当监控系统出现程序死锁或失控时,系统能自动热启动恢复到原来状态。

1. 系统具有全球定位系统同步时钟功能。

2.2 系统结构及配置

教学电厂拟采用目前国内外普遍流行的较为成熟的分层分布式计算机监控系统。系统从功能角度

讲,分为厂站主控级(或称上位机)和现地单元级(亦称下位机)上、下两层,通讯网络采用以太网络组成分布式系统结构。

2.2.1 厂站主控级

厂站主控级按冗余设计、双机在线热备运行,软件自动切换,互为主从。主控级可分为主计算机系统及操作员工作站。主计算机拟选用有较高运行速度和存储容量的工业控制机(简称IPC),应有较高的可靠性,能在恶劣的环境下保证系统连续长期运行,能承受高、低温冲击和振动、电磁干扰、潮湿等恶劣工况,平均无故障时间(MTBF)指标应大于10000h。其主要技术参数及配置为:内存32M,硬盘1G,主频 ≥ 100 MHz,支持以太网网络通信和图形加速卡、图形显示卡、一机双屏分路器等。选用的机型以进口品牌机为宜(如Intel, DEC, SUN等公司产品),但也不排除选用台湾研华、艾讯IPC Pentium 586/120工控机,该机的工业级CPU卡上,为工业环境特殊设计了周期时间监视器(watchdog timer)和电子盘(Flash/RAM/ROM)等。前者可在主机因软、硬件故障死机时,系统能在无人干预下自动恢复;而后者可以固化监控程序,做到现场无机械盘启动和运行,提高了系统的可靠性。该主机系统为64位PCI总线,传输速率达120Mb/s,图形调用速度快。该类IPC兼容性好、价格低。

操作员工作站是本监控系统主要的人机界面,它的组成包括两台50.8cm高分辨率彩色显示器、两台工业级专用功能键盘(带跟踪球)、鼠标及两台高速汉字打印机(供打印事件和生产报表用)。操作员工作站设在中控室。

工程师工作站(engineer station)是电厂计算机监控系统维护工程师或软件编制人员的人机界面、作为应用程序开发、维护工具。它内部装载了各现地控制单元(LCU1~LCU4)的应用程序,在其上面可进行程序的增减、修改;并可通过系统通讯网络,向LCU重新装载(loading)和卸载(dumping)程序,起到软件维护的功能。

2.2.2 现地单元级 LCU

本系统现地单元级为分布式系统。每台机组各设置一套现地控制单元(LCU1~LCU3),公用系统和开关站共设一套现地单元(LCU4)。现地控制单元采用可编程序控制器(以下简称PLC)组建。拟选用美国通用电气(GE)公司的CE90™-30系列中型PLC,该产品通过美国UL质量认证,平均无故障时间大于20000h。所选PLC型号为GE90™-30 351, CPU为80386EX,主频25MHz,布尔运算速率0.18ms/kB,用户存储器80K,最大I/O控制点数为4096点,具有中断功能、网络通讯功能。三重化容错(3选2表决)

功能及 0.1ms 级时间标定功能等。系统同时配置智能化 I/O 处理器模块(自带 CPU),刷新速度为 500 μ s,能直接响应输入、处理信息及控制输出,用于水机保护。PLC 机架考虑预留 2~3 个空槽以便增设调速、励磁的控制功能模块。

由 GE90™-30/35I PLC 组建的机组现地控制单元除完成对发电机组的控制、开/停机顺控、现地有无功给定和调节、温度监测、设备运行状态监控、数据采集及信息传输功能外,还将完成机组的同期并列、分時計度、电能计量、水机保护及调速、励磁系统的二次调节等功能。要实现上述功能,还需对电厂部分自动化元件进行改造,增设必要的传感器和装置,如转速测量装置、脉冲电能表、电量变送器、位移传感器、压差传感器、行程开关等。同时对现有的调速、励磁系统进行改造,完成与机组 LCU 的接口,增设有功和电压的采样信号回路,由机组 LCU 完成调速系统的有功闭环调节和励磁系统的电压闭环调节等功能。

2.2.3 系统通讯网络

系统的通讯网络拟选用被广泛应用的,符合 IEEE802.3 标准的以太网(ether net),其物理层介质参数是 10Base5,传输控制层协议和网间协议为 TCP/IP。下位机 GE90™-30PLC 的以太通讯网卡的型号为 CMM321,上、下位机和其他终端设备(如工程师工作站、图形工作站等)都可以通过通讯网卡及传输服务器(transceiver)挂在一根以同轴电缆为物理介质的以太网络上,相互间按照 TCP/IP 通讯规约传输交换信息和数据。

以太网是美国施乐(Xerox)公司 Palo Alto 研究中心于 1975 年推出的第一个局域网(LAN),它具有

结构简单、成本低、工作可靠、易于扩展的特点。网络上各工作站报文的发送,采用发出前监听,发送中预测碰撞的 CSMA/CD 技术,这是一种效率高、较为优良的算法,目前在许多局域网络中得到普遍采用。

本系统所实现的以太网,其 TCP/IP 以上的通讯层规约采用 GE 公司开发的通讯软件,以实现系统的统一。目前,在 Windows 环境下的上位机系统与现地单元 PLC 系统间实现以太网通讯的结构模式,在一般中小型电厂运行的计算机监控系统中还较为少见。

2.2.4 电厂同步时钟

教学电厂计算机监控系统将建立时间标准系统,拟采用全球定位系统(GPS)。GPS 装置具有接收美国海军导航星全球定位标准时间及电力同步测量和钟差功能。标准时钟信号通过 RS232 串行口送入主机,并沿系统通讯网络传递给现地单元 LCU,使电厂和电力网络的时钟统一在一个高精度的($\leq 10\mu$ s)范围内。

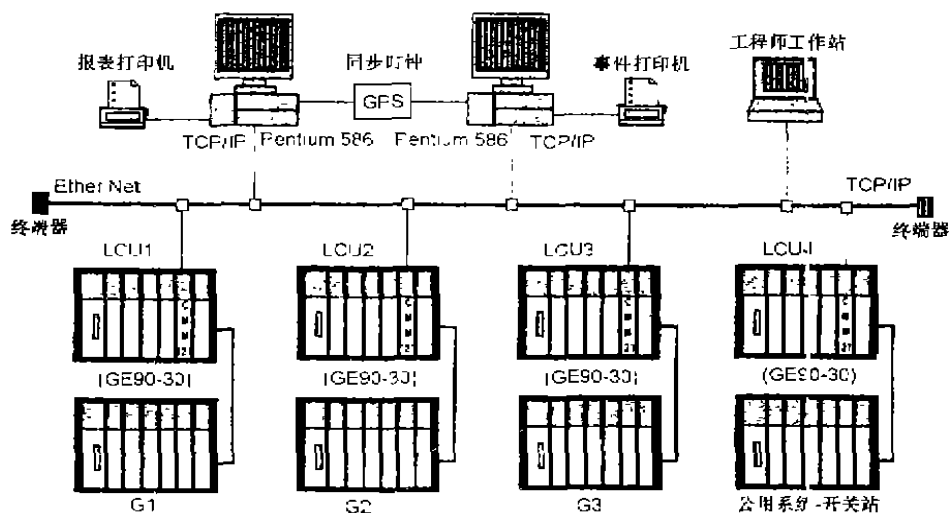
上述青峰岭教学电站计算机监控系统的结构方案如附图所示。

2.3 系统软件

2.3.1 操作系统及监控软件

系统软件作如下配置。

- 主计算机采用 DOS6.2 磁盘操作系统。
- Windows 3.11 窗口多任务软件。
- 工业过程监控软件包选用美国 Worder Ware 公司的 InTouch 5.0 软件(在 Windows 环境下运行)。
- BC++ 语言及编译软件。
- Microsoft Excel 电子报表软件。
- 中文之星(Chinese Star 2.0)。
- 可编程序控制器 GE90™-30 系统编程软件。



附图 青峰岭教学水电厂计算机监控系统结构原理

b. 以太网网络通讯软件。

2.3.2 应用软件

教学电厂计算机监控系统的用户应用软件(包括报表、图形、SOE 事件表等),将在上述计算机系统软件和硬件支持下由用户自行开发。这是一项关系到系统功能能否实现的关键性工作。我们将以模块化的结构编辑下述用户功能软件。

a. 数据采集与处理软件。时钟同步处理、中断开关量变位报警处理、扫描开关量变位报警处理、参数越限报警处理、趋势分析处理、I/O 通道故障报警处理、正常扫描信息处理。

b. 数据库管理软件。基本数据库管理模块、实时数据库管理模块、历史数据管理模块(包括事故追忆、统计计算)、预置数据管理模块、画面及打印制表数据库管理模块、计算数据管理模块。

c. 基本应用软件。电量累计软件(分时计度)、机组运行工况统计软件、定时任务管理软件、画面刷新软件、事故追忆软件、运行日志和报表生成软件、机组开/停机顺序控制程序软件、机组有功/无功控制软件、分合闸操作软件、在线自诊断软件、操作票管理软件、双机热备自动切换软件。

d. 人机联系软件。命令分析软件模块、电站运行方式设置模块、LCU 联机/脱机处理模块、画面目录模块、打印任务目录模块、负荷曲线设置模块、机组单机手动开/停机控制模块、机组单机有功/无功手动调节模块、参数修改软件模块。

3 结束语

自行研制、开发、组建教学电厂计算机监控系统对成都水电学校来讲是一个较艰巨的系统工程,鉴于经验和经费的原因,工程的实施可分为两步。第一期工程的前半期,完成单台机组 LCU1 和上位机(单台)系统的设计组建及相关的自动化元件、传感器改造,通讯网络进行全局性布置,实现单台机组的计算机控制;后半期,组建另外两台机组现地控制单元 LCU2、LCU3 及公用系统——开关站 LCU4,完善上位机系统及其它自动化元件的配套改造工作。这样,第一期工程结束后,就基本完成了教学电厂的计算机监控系统。第二期工程可考虑对三台机组的调速、励磁调节系统和辅机系统进行计算机化改造,并进一步深层次的开发和完善全厂计算机 AGC、AVC 及最优化控制等功能,还可以考虑全厂水情测报、火灾报警、大坝监测、通信等的改造工作,使教学电厂达到“无人值班,少人值守”的目标,使这座 70 年代建成的教学电厂重新焕发出活力,成为现代化水电站和计算机监控技术的教学样板和培训基地。

参考文献

- 1 电力工业部.水电厂计算机监控系统基本技术条件(电力行业标准:DL/P578-95) 北京:电力出版社,1995
- 2 顾隽修等.计算机局域网络原理与应用.北京:中国广播电视出版社,1993

(收稿日期:1996-04-05 编辑:熊水斌)

(上接第 41 页)

- 11 Matsuoka H, Sugiyama Y. Failure mechanism and effective reinforcement of granular soil slope. In: Shen Z J, et al eds. Proc of the 2nd Int Conf on Soft Soil Engineering, 1996, Nanjing, China. Nanjing: Hohai University Press, 1996. 486 ~ 491
- 12 Tsuchida T, Tang Y X. Developing mechanism of shear strength at the top of seabed. In: Shen Z J, et al eds. Proc of the 2nd Int Conf on Soft Soil Engineering, 1996, Nanjing, China. Nanjing: Hohai University Press, 1996. 480 ~ 485
- 13 Zhu L N, Chen R J. Modelling test research on artificial freezing of soft soil with liquid nitrogen. In: Shen Z J, et al eds. Proc of the 2nd Int Conf on Soft Soil Engineering, 1996, Nanjing, China. Nanjing: Hohai University Press, 1996. 474 ~ 479
- 14 Onuselogu P, Yin Z Z, Xu Y F. Pile group characteristics in sand environment. In: Shen Z J, et al eds. Proc of the 2nd Int Conf on Soft Soil Engineering, 1996, Nanjing, China. Nanjing: Hohai University Press, 1996. 467 ~ 473

(收稿日期:1996-09-06 编辑:熊水斌)

(上接第 51 页)

参考文献

- 1 Eggelsmann R. Subsurface drainage instructions. Verlag Paul Parey-Hamburg and Berlin: Kommissionsverlag, 1978
- 2 Schultz B. Lecture and exercises on drainage and land reclamation. International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering, 1992. 4 ~ 25
- 3 Stugt L C. Drainage envelope research in the Netherlands. In: Proceedings 2nd International Drainage Workshop, WDC, USA, 1982. 378 ~ 411
- 4 Farr E, Nanderson W C. Land drainage. London and New York: Longman, 1986. 195 ~ 217
- 5 Smart P, Herbertson J G. Drainage design. New York: Blackie, 1992. 178 ~ 197

(收稿日期:1996-01-08 编辑:许宇鹏)

编者按:卫生填埋工程是有控制地处理城市固体废弃物的一种方法。现代卫生填埋工程主要由复合衬垫系统、淋洗液收集和排放系统、气体收集系统、封顶系统等组成。本刊曾在1995年第5期刊出“美国的现代卫生填埋工程”一文,介绍了美国在卫生填埋工程方面的进展情况。为了让广大读者较全面、系统地了解现代卫生填埋工程的设计、施工技术,促进环境土工技术发展,本刊从1997年第1期起开设《现代卫生填埋工程专题讲座》。讲座共分5讲:第1讲 填埋场淋洗液收集和排放系统;第2讲 填埋场气体收集系统;第3讲 填埋场最终覆盖(封顶)系统;第4讲 填埋场粘土衬垫的设计和施工;第5讲 填埋场复合衬垫系统。本刊计划每期刊出一讲,在1997年全部刊完。

·现代卫生填埋工程专题讲座(1)·

填埋场淋洗液收集和排放系统

钱学德 郭志平

(河海大学岩土工程研究所 南京 210098)

填埋场淋洗液通常是由经过填埋场的降水渗流和对固体废弃物的挤压产生的。它是一种污染的液体,如未经处理直接排入土或地下水中,将会引起土和地下水的严重污染。影响淋洗液产生数量的因素有:降水量、地下水侵入、固体废弃物的性质及封顶设计等^[1,2]。

设计和建立淋洗液收集和排放系统的目的是为了将填埋场内产生的淋洗液收集起来,并通过污水管或积水池输送至污水处理站进行处理。为了尽量减少对地下水的污染,该系统应保证使复合衬垫以上淋洗液的累积不超过30cm。淋洗液收集系统由排水层、集水槽、多孔集水管、集水坑、提升管、潜水泵和积水池等组成,如果淋洗液能直接排入污水管,则积水池也可不要。所有这些组成部分都要按填埋场运用初期较大的淋洗液产出量设计,并保证该系统长期流通能力不发生障碍。

1 淋洗液排水层

带有双层复合衬垫系统的城市固体废弃物填埋场,必须既有首次淋洗液排水层,又有二次淋洗液排水层。这些排水层应具有足够的能力来排除填埋场使用期所产生的最大淋洗液流量。根据美国的有关资料,作用在排水层上的淋洗液水头通常不得大于30cm^[3]。

填埋场衬垫系统由一层或多层淋洗液排水层和低透水性的隔离物(即衬垫)复合组成。衬垫和排水层的功能可以互补。衬垫可以阻止淋洗液和气体从

填埋场中逸出和改善排水层覆盖条件;排水层则可以限制下伏衬垫上水头的增加,并可将渗入到排水层中的液体输送到多孔淋洗液收集管的网络中去。

当今广泛应用于美国城市固体废弃物填埋工程的双层复合衬垫系统都具有首次与二次两层淋洗液排水层,图1至图6表示带有两层淋洗液排水层的各类双层复合衬垫系统的构成。从顶到底各层情况分述如下。

a. 保护层。由至少60cm厚的砂或其它透水粒料组成(见图3和图4),它的功能是防止固体废弃物损害或阻塞淋洗液排水层。

b. 首次淋洗液排水层。由透水土料(砂或砾,见图1、图2、图5和图6)或土工合成排水材料(土工织物和土工网或土工复合材料,见图3和图4)组成。它的功能是限制第一层衬垫上淋洗液水头的增长和将固体废弃物中产生的淋洗液排至多孔淋洗液收集管内。

c. 第一层复合衬垫。由上部的土工膜和下部的低透水性土料组成。低透水性土料可用压实粘土或土工合成材料粘土衬垫(GCL),施工时应注意使土工膜与复合衬垫的土料保持紧密接触。

d. 二次淋洗液排水层。由透水土料(砂、砾,见图1和图2)或土工合成排水材料(土工织物和土工网或土工复合材料,见图3至图6)组成。它的功能是收集和监测流过第一层衬垫系统的淋洗液。

e. 第二层复合衬垫。仍由土工膜和低透水性土

作者简介:钱学德,男,博士,旅美学者,美国密歇根州环保署官员,河海大学兼职教授,从事环境土工研究。

郭志平,男,教授,原河海大学岩土工程研究所所长,从事岩土工程研究。