

厂用电监控管理系统的技术比较

陈丽琳,赵燕茹

(山西电力勘测设计院,山西 太原 030001)

摘要: 分析了目前国内大型发电厂中厂用电气监控管理系统的应用情况,提出厂用电气监控系统可采用“硬接线+通信”方式(控制保留 I/O 硬接线,监测采用通信)、“保留关键硬接线+通信”方式(少量重要电动机控制保留 I/O 硬接线,其余设备控制及全部监测采用通信)和“完全通信”方式(控制及监测全部采用通信)3 种设计方案。对 3 种方案分别从系统结构组成、功能应用、可靠性等方面进行了分析,并对综合投资相应进行了经济比较。现场实际运行结果表明,推荐采用的“保留关键硬接线+通信”方式具有较高的性价比。

关键词: 厂用电监控管理系统; 通信管理层; 间隔层; 硬接线; 通信

中图分类号: TM 762

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)12-0059-05

0 引言

随着电力行业的技术快速发展,发电厂运行自动化水平日趋提高,要求发电厂锅炉、汽机和电气实现一体化运行自动化^[1]。多数电厂都设计有锅炉、汽机自动化控制的分布集散控制系统 DCS(Distributed Control System),以机组工艺系统控制为主,在新建和改建电厂中得以大量应用;而机组厂用电系统的运行监控自动化应用设计较少,发电厂厂用电系统的测量、保护动作、事故追忆等信息只能通过硬接点有限地进入 DCS。因此,提高电气系统的运行监控自动化及其信息管理水平,直接关系到整个电厂运行监控的自动化及安全经济性水平,发电厂厂用电系统运行监控融入整个电厂的运行监控自动化系统目前已成为迫切需要^[2]。

以现场总线构造的厂用电气监控系统 FECS(Fieldbus Electric Control System)^[3],部分或全部取消了传统的变送器、表计、电度表等设备,减少了 DCS 的 I/O 卡件、信号电缆与敷设电缆用的桥架,同时也减少了设计、安装和维护的工作量,节省了部分投资,提高了整个发电厂厂用电系统的自动化水平和可靠性。目前,国内已在大中型发电厂工程设计中推广使用,并已有多个电厂顺利投运,取得了一定的经验。为使 FECS 应用更加完善合理,本文对此进行了分析、总结并提出了建议。

1 FECS 组网配置及监控范围

1.1 厂用电监控管理系统组成

系统采用可靠的分层分布式结构设计。为保证运行的可靠性,系统按结构一般分为 3 层^[4],即间隔层、通信层和站控层。对于厂用电部分的操作,运行人员可以在 FECS 的运行工作站上实现,也可以在 DCS

的监控显示器上实现。电气控制系统 ECS(Electric Control System)与 DCS 的接口,从 DCS 的角度看相当于扩展了 DCS 的控制范围,同时为厂用电系统提供了测量功能和信息管理功能,从而实现整个发电厂厂用电监控管理系统的监视控制和网络管理功能。间隔层设备具备保护、测量及控制等所有功能,按间隔实行相对分散布置,在功能配置上相对独立于站控层。

站控层是系统的核心,对间隔层装置采集并通过通信层上传的信息进行处理,具有显示、对时、打印、控制操作、报表生成、系统自诊断/自恢复、数据库管理等功能。站控层包括操作员工作站、工程师工作站、打印服务器等设备。

操作系统采用专业电力自动化监控应用软件,使用高性能的计算机系统,可以实现在安全、稳定、可靠、先进的基础上胜任发电厂厂用电监控管理系统的各种任务。站控层设备布置在集控楼内。

通信管理层(通信管理机、通信网络等)具有数据处理及通信功能,用以实现间隔层设备和站控层设备之间信息的“上传下发”^[5],并监视和管理各测控单元等设备。通信管理机根据监控对象分散设置(布置于各机组电气继电器室、10(6) kV 配电装置以及 400 V 配电装置处)或集中布置。

间隔层负责各间隔就地监控,间隔层设备主要由 10(6) kV 综合保护测控装置、400 V 智能型电动机控制器或 400 V 电动机、馈线综合保护测控装置及网络接口设备等组成。间隔层测控单元一般安装于开关柜上,通过现场总线网络(单网或双网)与通信管理机通信。间隔层也可采用 10 M 以太网进行通信,但在测控装置数量庞大时方能体现出其带宽的优势,况且现场实施难度较大,通信介质接触不好都会影响通信效果,而高速现场总线现场实施方便^[6],技术也较为成熟,所以工程中采用高速现场总线相对较为可靠、稳定。

1.2 厂用电监控系统网络配置及组网范围^[7]

目前,站控层网络多采用以太网双网配置,其网络通信速率满足系统实时性要求,不小于 100 Mbit/s。站控层所有设备之间(包括通信处理机)能通过以太网传输信息,站控层与通信层之间的通信介质采用光缆或屏蔽双绞线等。间隔层一般采用高速现场总线,单网或双网冗余配置,在同一配电室或继电器室内的设备间通信介质采用屏蔽双绞线;通信管理层可按每台机组分别设置机组智能设备管理子系统、机组电动机设备管理子系统、机组 10(6) kV 电源设备管理子系统、机组 400 V 电源设备管理子系统,2 台机组公用部分设公用电动机设备管理子系统、公用 10(6) kV 电源设备管理子系统、公用 400 V 电源设备管理子系统,各子系统分设通信管理机。下面对 3 种系统网络配置接线进行探讨。

1.2.1 以“硬接线+通信”方式接入 DCS

“硬接线+通信”方式接入 DCS 系统方案属于数据采集系统 DAS(Data Acquisition System)模式的 ECS,系统结构简单,一般适用于只监测,控制仍保留 I/O 硬接线,该方式在厂用电监控系统技术初期阶段应用较多,主要是考虑到厂用电监控系统刚刚普及,系统及设备的可靠性、网络的传输速率、系统的性能等还有待于运行考验,故工程设计中大多采用只监测(I/O 信息仅

送给 DCS 的数据库用来显示和记录,不参与 DCS 的控制与连锁)、控制仍保留 I/O 硬接线,即以“硬接线+通信”方式接入 DCS 的模式,参见图 1。

1.2.2 以“保留关键硬接线+通信”方式接入 DCS^[8]

“保留硬接线+通信”方式接入 DCS 方案属于 DAS 模式的 ECS,其中,DCS 可以得到电气部分的信息,但未能实现对该类信息的有效利用,但“保留关键硬接线+通信”方式接入 DCS 系统方案的关键是应用更加有效的方式,要求 ECS 的 I/O 信息直接通过 DCS 控制器——分布处理单元 DPU(Distributed Process Unit)层接入 DCS,可以直接取代 DCS 的 I/O 采集的电气信息参与 DCS 系统的计算、控制和连锁,成为了现场总线-电气控制管理系统模式,即厂用电监控系统(FECS),参见图 2。

该模式下的 FECS 与 DCS 一体化控制除了信息融合以外,控制功能有所分工。对于在事故紧急停机时,为机组安全停机考虑,保留了与热工运行相关的重要电动机控制仍沿用 DCS I/O 单通道硬接线方式,对于电气的厂用电源部分和非关键的电动机回路的控制采用了 FECS 的高速现场总线或工业以太网通信方式。为提高系统监控的可靠性,保证畅通的通信速率,主要考虑 2 个关键点。

a. 通信管理层是整个 FECS 构成的关键纽带,

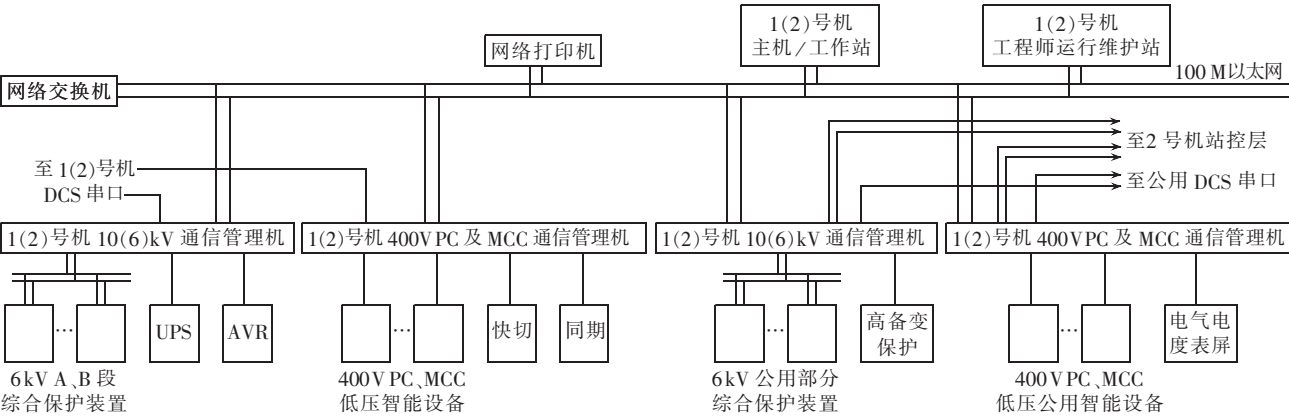
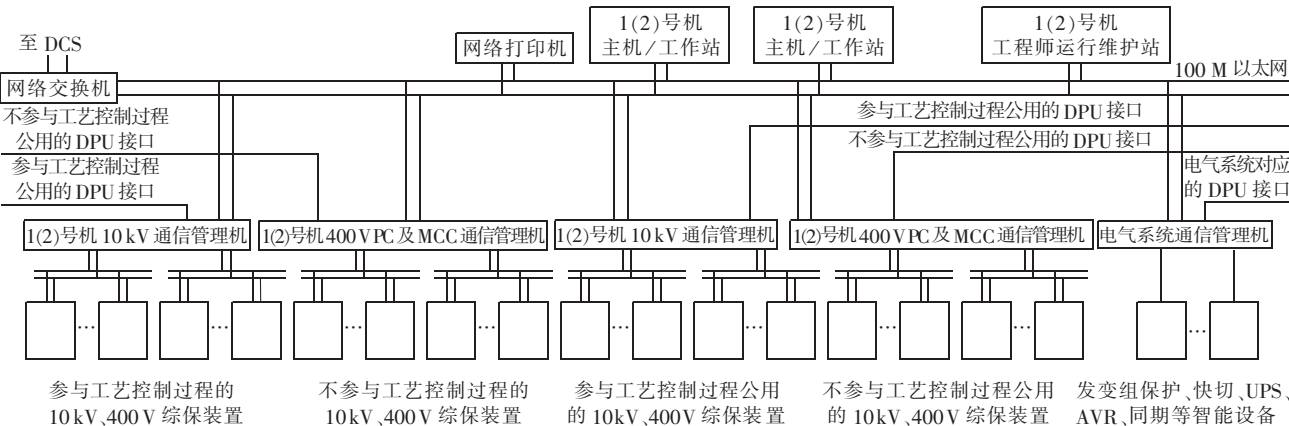


图 1 “硬接线+通信”方式接入 DCS
Fig.1 Integrated into DCS by “cable connection+communication”



AVR—自动电压调节器;UPS—不间断电源;PC—动力中心;MCC—电动机控制中心

图 2 “保留关键硬接线+通信”方式接入 DCS
Fig.2 Integrated into DCS by “crucial cable connection+communication”

它是由通信管理机及网络设备等组成,通信管理机按双 CPU 和双网配置,它具有数据处理及通信功能,完成间隔层设备和站控层设备之间实时信息“上传下发”的交换,并可以直接与 DCS 的 DPU 通信,并完成各种自动化装置的接入,实现通信物理介质和通信规约的转换、接入功能监控。间隔层通信管理机的数量是按照电厂不同工艺过程控制 DCS 的 DPU 一比一配置。

b. 间隔层与控制、联锁有关的少量信息是通过间隔层不同工艺过程控制的通信管理机 RS-485 通信口直接上传至不同工艺过程控制的 DPU,以尽量减少各间隔层通信管理机与 DPU 的数据流量,提高与控制、联锁有关信息上传的速率^[9]。除与控制、联锁有关的少量信息外(每个测控和联锁对象约 5~7 个点),其余大量的信息是通过 FECS 后台网络与 DCS 网络交换信息。

保留关键硬接线是指对于在事故紧急停机时,为机组安全停机考虑的情况下,保留了与热工运行相关的关键电动机启停控制,仍采用 DCS 的 I/O 模件经电缆硬接线实现控制。例如,汽机部分中的顶轴油泵、交流润滑油泵、盘车电机;锅炉部分中的一次风机、给煤机、磨煤机、送风机;电源部分中的事故保安段进线开关和柴油机出口开关等。

“保留关键硬接线+通信”方案的 FECS 模式的特点如下:

- a. FECS 与 DCS 实现一体化协同控制;
- b. 采用高速现场总线将间隔层保护测控装置按电厂自动化的工业环节组网,参与控制关键的 DI、DO、AI 直接与 DPU 通信,使得 FECS 的 I/O 直接参与 DCS 工艺过程的控制,实现了彻底的分散控制,提高了系统的可靠性;
- c. FECS 采用大型监控软件作为 ECS 主站,具有了大容量、高可靠性的自动化控制功能;
- d. 采用 FECS 取消了许多硬接线,减少了 DCS 的 I/O 卡件,节省了数量可观的电缆与敷设电缆用的桥架等,同时也减少了安装和维护的工作量等;
- e. FECS 的数据信息极大丰富,采用控制器层、主站层 2 级方式与 DCS 通信;
- f. FECS 可通过网关将信息送给除 DCS 以外厂级监控信息系统 SIS(Supervisory Information System)和辅助车间系统;
- g. FECS 具有操作票、五防、逻辑控制、设备管理等高级应用功能,组态简单,安装、运行维修方便。

同时,当 DCS 系统调试进度不满足倒送厂用电要求时,厂用监控系统与各间隔层的综合保护测控装置、智能型控制器之间为“双向”全数字通信,可在后台下达命令转发给各间隔层,对厂用电系统各开关进行遥控和遥调。另外,电气保护专值人员可方便地在后台工作站上对综合保护测控装置、智能型控制器的定值调整和浏览电气有关方面信息,完成较为复

杂的电气运行管理工作,可实现分步调试及投运,满足了倒送厂用电时间紧迫的要求,还可实现全厂的电度管理,起到了全厂减员增效的作用。

1.2.3 以“完全采用通信方式 FECS 模式”接入 DCS

在方案 2 中保留关键控制硬接线的原因还在于对 FECS 现场通信网络可靠性的担心。实际上,大量采用现场总线或工业以太网作为大型工业自动化控制的成功案例很多,在电网自动化中,220~500 kV 大型变电站的自动化系统已普遍采用了高速现场总线或工业以太网作为系统控制网络,在国内已经有数年的成熟运行经验,在技术上也十分成熟。

完全采用通信方式的 FECS 配置与图 2 相同。该方案彻底取消硬接线方式,进一步减少电缆及 DCS I/O 卡件数量,FECS 参与 DCS 控制的范围大为扩展,由纯电气部分的控制(如电源控制)和部分电动机的控制扩展为对全部 10(6) kV、400 V 电动机的控制,进而全面参与 DCS 的控制和操作。该模式是一种深层次的一体化控制方案,电气系统实现过程控制中与电气相关的传感、采集与执行环节的相关功能,FECS 作为 DCS 的子系统参与控制。FECS 的配置结构和功能都体现出服务于 DCS 的工艺结构和控制习惯,从而与 DAS 存在本质区别,信息的上行、下行是平等、综合的。这种控制模式在减少综合投资的同时,理顺了 DCS 和 ECS 的配置结构和功能结构,使得 ECS 在系统配置上和 DCS 成为同构系统,这样在 2 个大型系统的融合控制方面可达到最优,FECS 经主控单元(通信管理及控制器)直接以分布式控制系统的结构与 DCS 的控制器接口,同时,FECS 系统的 I/O 信息能够分散接入 DCS,从而实现自下而上的一体化控制。

1.3 厂用电监控系统组网应用

目前,如图 1 所示的系统方式应用较多,主要是考虑到厂用电监控系统近年来才普及,系统及设备可靠性、网络传输速率、系统性能等还有待于运行考验,故工程设计中大多采用只监测(I/O 信息仅送给 DCS 的数据库用来显示和记录,不参与 DCS 的控制与连锁),控制仍保留 I/O 硬接线,即以“硬接线+通信”方式接入 DCS 系统的模式;近期一些 300 MW、600 MW 机组的大型电厂,为提高系统可靠性,也有采用如图 2 所示系统方式,以“保留关键硬接线+通信”方式接入 DCS 系统,取消大部分硬接线的方式。

厂用电监控系统监控的范围目前主要有 3 种:

- a. 只有 10(6) kV 高压厂用电系统;
- b. 10(6) kV 高压厂用电系统及 400 V 低压厂用电系统;
- c. 10(6) kV 高压厂用电系统及 400 V 低压厂用电系统,机组电气控制系统所有独立于 DCS 之外的智能设备。

目前,设计的工程大多采用厂用电监控系统监控的范围包括 10(6) kV 高压厂用电系统及 400 V 低压厂用电系统的方式,而机组电气控制系统所有独立于 DCS

之外的智能设备通过串口直接与 DCS 通信。

2 厂用电监控系统功能

厂用电监控系统是一个开放分层分布式系统,由控制层和间隔层构成网络,各间隔层的 10(6) kV 综合保护测控装置、400 V 智能型电动机控制器或 400 V 电动机、馈线综合保护测控装置以信息处理现场化的方式将各间隔的保护、测量、控制、计量等信息量通过串行通信口上传到各台通信管理机,各台机的通信管理机将这些数据整理、汇总后再将信息上传后台和 DCS,完成对厂用电系统遥信和遥测;也可通过后台和 DCS 下发控制命令,完成对厂用电系统遥控。

目前,工程设计中大多采用只监测(I/O 信息仅送给 DCS 的数据库用来显示和记录,不参与 DCS 的控制与连锁)、控制仍保留 I/O 硬接线。正常运行时以 I/O 硬接线控制为主,但在 DCS 投运前及调试期间,厂用电监控系统与 10(6) kV 综合保护测控装置、400 V 智能型电动机控制器或 400 V 电动机、馈线综合保护测控装置之间为“双向”全数字通信,可在后台下达命令转发给各间隔层,对厂用电系统各开关进行遥控和遥调。另外,电气保护专值人员可方便地在后台工作站上对 10(6) kV 综合保护测控装置、400 V 智能型电动机控制器或 400 V 电动机、馈线综合保护测控装置定值调整和浏览电气有关方面信息,完成较为复杂的电气运行管理工作,实现厂用电气的“综合自动化”。厂用电监控系统还可与电厂 SIS 等系统的连接,实现全厂信息共享。

系统功能主要包括^[10]:实时数据采集与处理,数据库的建立与维护,控制操作,报警处理,事件顺序记录和事故追忆功能,画面生成、显示和打印,在线计算及制表,时钟同步,系统的自诊断和自恢复,与其他智能设备的接口,运行管理功能,控制功能,管理功能,防误闭锁功能,维护功能。

3 厂用电监控系统方案经济技术分析比较^[11]

3.1 经济分析比较

以某电厂 2 台机组主厂房及公用部分电气系统 DCS I/O 点统计,对 3 种方案经济比较见表 1,其中 1 代表“保留关键硬接线+通信”方案,2 代表“硬接线+通信”方案,3 代表“完全采用通信”方案。计算表 1 中数据可知:方案 1、2、3 的总价分别为 410.74×10⁴ 元、820.12×10⁴ 元、244.00×10⁴ 元。

可见,“硬接线+通信”方式接入 DCS 方案比“保留关键硬接线+通信”方式接入 DCS 方案增加综合投资约 409.38×10⁴ 元。“完全采用通信”方式接入 DCS 方案比“保留关键硬接线+通信”方式接入 DCS 方案减少综合投资约 166.74×10⁴ 元。

3.2 技术经济综合比较

“硬接线+通信”方式接入 DCS 方案,系统结构简单,适用于只监测,控制仍保留 I/O 硬接线,该方

表 1 3 种方案的经济性比较

Tab.1 Comparison of economics among three designs						
项目	数量			分项价/10 ⁴ 元		
	1	2	3	1	2	3
模拟量	0	318	0	0	47.7	0
开关量	1020	3693	0	91.8	332.37	0
控制电缆 ^① 长度	4995 km	277.125 km	0	59.94	332.55	0
间隔层用屏蔽双绞线(铠装)长度	15 km	15 km	15 km	33	33	33
DCS 控制器的通信接口	48 对	15 对	48 对	0	0	0
DCS 需增加通信串口卡	50 个	0	0	15.00	0	0
站控层用通信光纤(多模)	12 km	12 km	12 km	36	36	36
通信管理系统 ^②	0	0	0	0	0	0
通信管理单元	50 个	11 个	50 个	175	38.5	175

注:①控制电缆指计算机电缆;②通信管理系统包括上位机及软件等。

案属“厂用电监控系统技术”的初期阶段。在“厂用电监控系统技术”初期阶段应用的基础上,进一步发展到“保留关键硬接线+通信”方式接入 DCS 方案和“完全采用通信”方式接入 DCS 方案,后者从系统结构上更倾向于按照 DCS 的工艺流程组网、组态,具有一定的 DCS 属性,因此更易于融入 DCS 系统,该模式更强调设备下放和功能分散性,信息化程度更高,对信息流的组织和控制有更高的要求,同时节省大量电缆和降低了综合投资。从 3 个方案经济比较可看出“硬接线+通信”方式接入 DCS 方案比“保留关键硬接线+通信”方式接入 DCS 方案增加综合投资约 409.38×10⁴ 元。“完全采用通信”方式接入 DCS 方案比“保留关键硬接线+通信”方式接入 DCS 方案减少综合投资约 166.74×10⁴ 元。虽然“保留关键硬接线+通信”方式的信息量是“硬接线+通信”方式的 2 倍,但并不增加费用,则单元机组 DCS(I/O 卡件)节约投资 240.57×10⁴ 元,控制电缆减少投资 272.61×10⁴ 元,可见“保留关键硬接线+通信”方式接入 DCS 控制系统设计方案的技术经济性能高于“硬接线+通信”方式接入 DCS 系统方案,具有极高的性价比。

“完全采用通信”方式接入 DCS 方案目前尚未有运行业绩,但采用现场总线方式并参与 DCS 一体化控制的 FECS 方式将成为 ECS 控制方式的发展趋势。

4 建议及总结

随着技术的不断发展,厂用电监控管理系统将更加完善和成熟,也将积累一定的运行经验,在不考虑控制及连锁的功能前提下,通信管理机和 400 V 间隔层可以是单机和单网配置。如果考虑控制及连锁的功能,为保证可靠性,整个系统网络及通信管理机最好冗余配置。间隔层网络采用现场总线网络或 10 M 以太网双网冗余配置,它可满足系统实时性指标需求,大幅提高通信的可靠性、稳定性。考虑到 FECS 工作站控制方式一般仅在 DCS 未投入运行或检修调试时采用,站控层设备可以简化。如只设置一台后

台计算机,兼作操作员站和工程师站,或取消后台计算机,留有便携式接口,以减少工程师室占地位置及造价。

与 DCS 的接口采用以太网口,这样不仅能大幅提高通信速率,而且能减少与 DCS 的通信串口数量,通信管理机通过网络交换机与 DCS 的接口。

在目前不考虑控制及连锁功能的前提下,因为采用 FECS 组网配置相对简单,监控范围还是以 10 (6) kV 高压厂用电系统及 400 V 低压厂用电系统为主。机组电气控制系统所有独立于 DCS 之外的智能设备信息可通过 FECS 后台与 DCS 通信,以提高可靠性。

5 总语

经技术经济比较和专题研究分析,“保留关键硬接线+通信”方式接入 DCS 系统方案降低了直接的综合投资,节省了大量控制电缆,方便运行和检修,又提高了电厂整体的自动化运行水平,同时,也考虑到在事故紧急停机时机组的安全停机问题,仍保留了与热工运行相关的关键连锁电动机和事故保安段进线开关和柴油机出口开关等启停控制,因此“保留关键硬接线+通信”方式接入 DCS 系统方案技术将在今后的工程中得到广泛应用。

参考文献:

- [1] 侯子良. 吹响新的号角——全面实现火电厂数字化[C]//第 7 届全国热工自动化专业学术年会论文集. 北海:[出版者不详], 2003:1-5.
HOU Zi-liang. Realize power plant automation and information supervision generally [C]//The 7th Conference on Power Plant Automation. Beihai:[s.n.], 2003:1-5.
- [2] 刘伟. 火力发电机组监控系统一体化方案及现场总线技术应用的探讨[C]//第 7 届全国热工自动化专业学术年会论文集. 北海:[出版者不详], 2003:14-20.
LIU Wei. A cooperation method of power plant control system and its realization based on fieldbus [C]//The 7th Conference on Power Plant Automation. Beihai:[s.n.], 2003:14-20.
- [3] 周明. 现场总线控制[M]. 北京:中国电力出版社,2001.

- [4] 白焰. 分散控制系统与现场总线控制系统——基础、评选、设计 and 应用[M]. 北京:中国电力出版社,2001.
- [5] 中华人民共和国国家经济贸易委员会,国家电力公司西南电力设计院. DL/T 5149-2001 220~500kV 变电所计算机监控系统设计技术规程[S]. 北京:中国电力出版社,2001.
- [6] 王慧锋,何衍庆. 现场总线控制系统原理及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [7] 陈丽琳,赵燕茹. 厂用电监控系统的应用及特点[C]//中国电力规划设计协会,电力勘测设计行业电气专业委员会论文集. 武夷山:[出版者不详], 2005:3-5.
CHEN Li-lin, ZHAO Yan-ru. Application & character of supervise and control system of auxiliary power [C]//Electric Power Planning & Engineering Institute. Thesis Volume of Electrical Committee of Electric Power Exploration and Design. Wuyi Mountain:[s.n.], 2005:3-5.
- [8] 焦邵华,李娟,李卫,等. 大型火力发电厂电气控制系统的实现模式[J]. 电力系统自动化,2005,29(15):81-85,95.
JIAO Shao-hua, LI Juan, LI Wei, et al. Realization mode of electric control system in large thermal power plant [J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(15):81-85, 95.
- [9] 中华人民共和国国家经济贸易委员会,国家电力公司西南电力设计院. DL/T 5175-200 火力发电厂热工控制系统设计技术规定[S]. 北京:中国电力出版社,2003.
- [10] 中华人民共和国国家经济贸易委员会,国家电力公司西北电力设计院. DL/T 5136-2001 火力电厂、变电所二次接线设计技术规程[S]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [11] 雷晓明,史东. 邹县四期工程厂用电系统控制组网应用[C]//中国电力规划设计协会,电力勘测设计行业电气专业委员会论文集. 武夷山:[出版者不详], 2005:9-10.
LEI Xiao-ming, SHI Dong. Application of control and network principle system of auxiliary power of Zou county 4 stage project [C]//Electric Power Planning & Engineering Institute. Thesis Volume of Electrical Committee of Electric Power Exploration and Design. Wuyi Mountain:[s.n.], 2005:9-10.

(责任编辑:康鲁豫)

作者简介:

陈丽琳(1958-),女,湖南长沙人,高级工程师,主要从事发电厂、变电站元件保护及自动化设计工作(E-mail: cllsx@126.com);

赵燕茹(1960-),女,山西太原人,高级工程师,主要从事发电厂、变电站元件保护及自动化设计工作(E-mail: zhaoyr@sxed.com.cn)。

Comparison of techniques used in auxiliary power supervisory control systems

CHEN Li-lin, ZHAO Yan-ru

(Shanxi Electric Power Exploration & Design Institute, Taiyuan 030001, China)

Abstract: The application of auxiliary power supervisory control systems in large power plants is analyzed and three designs are put forward: “cable connection + communication” (cable connection for control and communication for supervision), “crucial cable connection + communication” (cable connection for control of crucial devices, communication for control of normal devices and supervision) and “complete communication” (communication for both control and supervision). Research on them is made from system structure, function application and reliability, and integrated investments are also taken into consideration. Practices show that, the second design has better performance-cost ratio.

Key words: auxiliary power supervisory control system; communication management layer; cell layer; cable connection; communication