

关于绿色电力的电厂自动化控制

许立昌

(西门子电站自动化有限公司,江苏 南京 211100)

摘要: 电厂对自动化控制系统的要求上有重硬件轻软件、重数量轻质量、重高指标轻实用性、重要求轻验收的现象。电厂应从实用化角度对绿色电力下的电厂自动化控制系统提出功能和性能指标要求,同时给出检验的标准。在安全运行基础上实现不同层次上的协调控制,利用特性曲线图可视化地实现经济运行。方便快速的在线仿真及在线参数修改应成为优化运行的必需功能。自动控制站按功能区配置和采用现场总线技术及智能现场设备可以提高自动控制系统的性能,以满足电网自动发电控制(AGC)及快速变负荷的要求。自动化控制系统应具有远程监控和运行的能力,以实现电力集团多电厂集中优化运行。

关键词: 绿色电力; 协调控制; 自动化控制策略

中图分类号: TM 734

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2007)10-0111-04

0 引言

在绿色电力的新形势下,为了节约资源和保护环境,中国的电力将采用更为先进的发电设备和发电技术,如大型高效超临界和超超临界机组、空冷机组、联合循环机组、大型脱硫脱硝环保机组等和再生能源发电技术、洁净煤燃烧技术、流化床技术、变频驱动技术等。作为电厂发电过程自动化所不可或缺的电厂自动化控制系统,必须适应这样的变化,无论是自动化控制系统的构成还是自动化控制的策略,必须采用更为先进的自动化理念和技术。

纵观前一阶段电厂自动化控制系统在中国电

厂的应用情况,电厂对其自动化控制系统性能及功能的要求上有重硬件轻软件(单纯追求计算机和控制器的主频及内存容量,却忽视自动化控制系统的控制和调节性能及自动化控制策略的实现方法)、重数量轻质量(单纯追求服务器及控制器的数量,却忽视自动化控制系统的软硬件配置的合理性和响应速度)、重高指标轻实用性(如事件顺序记录(SOE)分辨率、控制器负荷等指标并不符合实际运行需要或现状)、重指标要求轻验收标准(如提出控制器负荷、网络负荷等技术指标,却缺乏统一的检验标准或方法)的现象。文中将从现代化电力生产过程对自动化控制应有的要求、电厂的考核侧重点以及电厂一体化自动化控制系统这 3 方面阐述绿色电力下的电厂自动化控制。

收稿日期:2007-04-29

1 现代化电力生产过程对自动化控制应有的要求

现代社会对电力生产的要求越来越严格,电厂在满足基本电力供应的同时,还必须保证电能质量、降低单位能耗、提高发电效率、响应电网调峰、降低三废排放、保护生态环境等,因此,电厂生产已不再是简单地做到无事故和不停电就行了,而应是追求达到安全运行、经济运行、优化控制、管控一体化直至数字化电厂的综合目标。要实现此综合目标,除了对其它资源要素应有更高的要求外,现代化电力生产过程对电厂自动化系统的功能和性能也应在理念上和实现上有不同以往的更高要求。

1.1 从电厂安全运行考虑

a. 电厂自动化控制系统应该运行稳定可靠。此为最基本的要求,一般以自动化控制系统的系统可用率考核。

b. 随着电厂容量的增大、设备的增多、自动化程度的提高,工艺过程变得十分复杂,为了避免事故的发生及蔓延,必须加强电厂设备之间以及生产过程之间的连锁保护。

c. 监控和运行操作应方便简单,采用图形化的人机界面,以及尽量采用已为大部分计算机用户及自动化控制系统用户所熟悉的操作方式及手段,如菜单、窗口、鼠标拖放、软键盘、热键、在线帮助、画面导航等,来实现智能化的监控和运行操作。

d. 操作站应尽量简单划一,最好能做到不同用户,如运行人员、维护人员、值长、工程组态人员、系统管理人员等可在任一操作站凭不同的口令登录系统并完成不同的操作任务。不同的用户具有不同的操作权限,可以具有不同的操作画面,但应有统一的画面风格及图符。

e. 应有完善的故障报警机制。可根据故障的严重性划分不同的报警等级。设有报警弹出窗或报警光字牌,以提醒操作员故障的发生及其严重性,但是否调出故障相关画面并立即着手处理故障,则应由操作员自行决定以免干扰正在进行的更为重要的监控或运行操作。

1.2 从电厂经济优化运行考虑

a. 为了改善发电效率、节省能耗和提高整个电厂运行的经济性,应实现不同层次上的协调控制,包括设备组级的相同设备或冗余设备之间的协调控制(如 3 台给水泵之间)、功能级的不同设备组之间的协调控制(如制粉系统的磨煤机、排粉机与风门之间)、功能组级的子系统之间的协调控制(如锅炉岛的风烟、燃料、给水等系统之间)、机组级的各功能岛之间的协调控制(如锅炉岛与汽机岛之间)、以及电厂多机组间的协调控制(如发电负荷或调峰负荷在机组间的分配)。

b. 应能绘制不同等级的特性曲线图以便可视化地实现经济优化运行。可根据电厂运行的不同重要

经济指标,为不同的功能区域或等级绘制不同的特性曲线图,如锅炉岛的燃烧效率、机组出力等,绘制表示重要参变量特性曲线图,实际的运行工作点在图上实时显示,操作员看着特性曲线图按最佳方式控制和调节参变量,使工作点稳定在需要值或最佳区域。这些特性函数开始可以是电厂本体设备供应商提供的理论公式或经验公式,但最终将是电厂长期运行后得到的符合实际情况的实验公式。

c. 应能方便快速地进行在线仿真以便优化运行。在自动化控制系统调试阶段可以利用仿真功能证实保护连锁的正确性,给各被控设备整定最佳的控制或调节参数,以及为不同等级的协调控制验证所设计的方案。在系统投运后,当设备的运行工况发生变化时,可利用在线仿真功能修改控制或调节参数,或当机组运行方式需要变更时,可利用在线仿真功能验证新运行方式的可行性。

d. 应能方便快速地进行在线参数修改以便优化控制或调节品质及运行模式。虽然在自动化控制系统的调试阶段为各被控设备整定了最佳控制或调节参数,为不同等级的协调控制设计了最佳方案,但在实际运行时,有时由于运行条件的突然变化(如煤的燃烧值超出设计范围、一台磨煤机退出运行等),必须改变原控制或调节参数或运行模式以获得最佳的控制和运行,自动化控制系统应能允许授权的运行人员方便地进行在线修改。当自动化控制系统具备仿真功能时,可先进行仿真以确认修改的可行性,然后实施修改;当系统不具备仿真功能时,应对不同的参数预先限定可允许的修改范围以防止修改过度造成不良后果。

e. 应采用现场总线替代传统的信号电缆。这样做不仅仅是降低了投资(43%左右),更重要的是提升了自动化控制系统的性能,包括抗干扰能力、数据可靠性、测量精度、控制精度、电隔离等。可以采用远程 I/O 连接目前尚在使用的非智能现场设备,但随着智能化现场设备的推广普及和价格下降,它必将替代传统的现场设备。这样实施的另一个好处是,降低了自动控制站的负荷,使其侧重于各个层次的协调控制和连锁保护,提高自动控制系统的响应速度。

f. 随着现场总线及智能化现场设备的大量采用,自动化控制系统应不仅具有远程组态、整定、监控智能现场设备的功能,还应具备现场设备管理及维护功能,包括建立台帐、统计运行时间、累计开停次数、实施定期或状态维修计划等。

g. 为了实现电厂众多功能岛的一体化自动控制(TIA),电厂自动化控制系统应能灵活地扩展以纳入各种功能岛,如脱硫脱硝、输煤、除灰除渣、水处理等,并以一体化的自动化控制策略和统一的操作运行界面实现全电厂的自动化控制。当不能以相同的系统集成这些功能岛时,异构系统之间至少应能交换数据,并以电厂自动化控制系统作为主控系统,在统一的操作界面上实现对这些功能岛的监控。

h. 为了电厂的经济优化运行,电厂自动化控制系统应能集成不同层次的优化控制和优化运行软件。这些软件一般是电厂自动化控制系统制造商作为选项提供的,但也可以是电厂本体设备制造商提供,或是电厂根据长期运行经验研制的。集成应简单易行,可以根据经济优化的范围在不同的层次上实施,如自动控制站级、电厂控制网级和电厂管理网级。

1.3 从电网优化运行考虑

a. 自动化控制系统应具有快速的系统响应能力,以满足电网调度中心自动发电控制(AGC)及快速变负荷的要求。软件上除了取决于协调控制方案的优劣(工程设计和工程组态),还在于自动化软件模块库的优劣,如控制模块、调节模块、性能计算模块和各种传递函数模块。硬件上在于自动化控制器的计算速度,即执行一条逻辑运算和计算一次定点或浮点数学运算所需的绝对时间。它并不等于自动控制器的主频,虽然有相关性。

b. 自动化控制系统应具有远程监控和运行的能力,以实现发电集团的多电厂集中优化运行。

2 对电厂自动化系统的考核侧重点

电厂是电厂自动化控制系统的用户,电厂应关心的是所安装的自动化控制系统是否能实现电厂安全、经济运行所必需的功能及达到所期望的性能指标。电厂应将精力放在确定必需的功能和性能指标以及查验的标准和方法,而不要过多地去左右制造商所采用的实现这些功能和性能指标的方法,因为专业制造商是在全面均衡的考虑下设计制造自动化控制系统的。

a. 应从实用化角度对自动化控制系统提出功能和性能指标要求。不同的电厂由于规模、本体设备、运行模式、运行条件、基础自动化条件、所要求达到的自动化水平和经济指标等的不同,应有所区别。尤其应根据实际的需要及可能提出合理的并能验证的性能指标,同时给出检验的标准或方法。

b. 电厂不应过分关心硬件的档次及数量,因为一旦规定了功能和性能指标以及验收标准后,供应商自会全力以赴地做好系统配置及工程组态以达到这些功能及性能指标。且过高的配置有时反会影响自动化控制系统的系统性能,如过度分散、过度冗余、过低的负荷等。

c. 自动控制站最好按电厂生产工艺过程(功能区)配置,在自动控制站的负荷条件允许的情况下,自动控制站的数量少比多好,以避免过多的相关数据在自动控制站之间传输而降低了自动化控制系统的响应速度和控制品质。

d. 可用率是考核系统可靠性的一个指标。由于半导体器件、计算机设备及其它辅助设备的制造工艺,以及软硬件冗余技术有了长足的进步,自动化控制系统的可用率一般都能达到实用化的要求。只要根据电厂的规模及类型,规定一个合理的可用率指标

及考核计算的方法即可。但有 2 个概念必须澄清。第 1 点是可以由一个组件完成的任务若由多个组件完成将降低可用率。以给水控制子系统为例,为计算简单起见,假设自动控制站(包括 CPU 模件、I/O 模件及通信总线)的总体可用率及网络的可用率均为 99.00%,若分别利用 1、2、3 个自动控制站来完成,该任务的可用率则相应为 99.00%、97.03% 和 96.06%。第 2 点是除非明确标明模件的可用率,同样工艺制造水平的模件,集合度低的模件可用率并不一定比集合度高的好。以模拟量采集模件为例,为计算简单起见,假设输入信号接口桥路部分及 A/D 转换部分的总体可用率均为 99.00%(取决于制造工艺水平),无论多个通道公用一个桥路或 A/D 转换片还是各通道采用独立的桥路和 A/D 转换片,无论是 8 通道还是 16 通道,其每路通道的可用率均约为 98.01%。过度分散的后果是体积和功耗增大。

e. 系统的信号精度及抗干扰能力,是自动化系统保证控制正确性的重要指标。目前,先进的半导体器件及模件制造工艺已能保证大部分自动化控制系统的信号精度及抗干扰能力达到实用化的要求。可以根据分布式控制系统(DCS)规范提出指标要求,但应同时给出检验的方法及环境条件。

f. 应综合分析电厂的运行情况提出 SOE 的分辨率要求,如 SOE 信号源的动作精度、信号延时长短、SOE 记录的应用场合、是否是独立的 SOE 设备等,不要因太短的扫描周期要求或过多的中断请求而影响自动化控制站的控制和调节性能。

g. 系统的操作响应速度是控制系统人机界面的重要指标。目前,计算机速度已能保证达到实用化的要求。可以根据规范提出指标要求,但应同时给出测试的方法及条件。注意刷新周期过快会有副作用。

h. 应根据现场信号的性质规定合理的信号扫描周期。过慢分辨率不够,过快也会有副作用,如报警过频、存储量过大、画面闪烁等。

i. 配置裕度的定义应清晰,要求应合理,不然不仅浪费资源,还会影响控制系统的协调控制的品质。如,要求存储器容量占用率、CPU 负荷、网络负荷等小于某值。由于没有定义其计算的方法,无法检验,不同的测试计算方法可得到完全不同的结果。假如在任何情况下都必须达到指标,那么裕度的设置变得毫无意义,因为冗余的部分从来不可使用。又如,处在完全控制之下的令牌网的负荷可达到 98% 以上、采用监控系统的控制器的负荷可达到 98% 以上,应该充分利用这些资源来提高系统的响应速度和调节控制品质。

j. 目前缺乏的恰是极其重要的自动化控制系统的系统性能指标,即在稳定负荷工况及扰动情况下的系统控制及调节的性能指标,如对负荷变化要求的响应能力、工况变化的适应能力、参变量的控制精度、调节品质等。这些指标是真正能分辨自动化控制系统品质及其工程设计和组态质量优劣的判据。电厂

根据规模、类型、本体设备、运行模式、运行条件、基础自动化条件提出恰当的指标,同时给出检验计算的方法。

3 绿色电力下的电厂自动化控制系统

电厂自动化控制系统的供应商应适应绿色电力的新形势,在电厂自动化系统的系统构架设计及自动化控制的理念上有所创新。

a. 电厂自动化控制系统应基于网络。在软硬件平台上采用嵌入式或模块化的软硬件组件构建系统,一方面简化了硬件系统结构,便于硬件的配置及运行维护,另一方面压缩了操作系统和应用软件,提高了软件系统的运行效率,加快了系统响应速度。

b. 硬件可灵活组态以适应不同的电厂规模及类型。一般每个机组一个自动化控制单元,每个单元纵向可为 3 层即监控操作网、电厂控制网和现场设备网,也可 2 层即电厂控制网和现场设备网(见图 1)。双(多)机组的公用部分可单独为一个单元或进入机组单元。脱硫脱硝、输煤、除灰除渣、水处理等功能岛可根据控制设备多少,安排在机组单元或公用单元、也可自成单元。控制单元之间经电厂控制网互联。

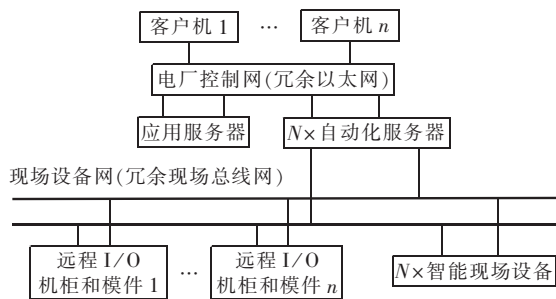


图 1 SPPA T-3000 自动化控制系统单元

Fig.1 Unit of SPPAT-3000 DCS

c. 软件可灵活组态以适应不同的自动化水平及控制模式。应建立软件模块库以使用组态的方式实现不同层次上的协调控制。各类预制的控制调节模块和函数模块应由汇编语言或快速 C 语言编写以提高执行效率。

d. 一般情况下,电厂控制网(以太总线网或令牌环网)上自动控制站之间的数据传输,其实时性及可控性均不如控制站内依靠通信总线或 I/O 总线的数据传输,以太总线网比令牌环网更差。为了快速实现不同层次上的协调控制,以及相关设备之间的连锁保护,应根据电厂工艺过程(功能区)分配自动控制站,如依机组自起停及机组级协调、锅炉燃烧系统、燃料系统、循环水系统、汽机控制系统、旁路系统、电气控制等分配自动化控制站。不应按自动化控制系统的实现方式来分配,如数据采集系统(DAS)、模拟量控制系统(MCS)、协调控制系统(CCS)、程序控制系统(SCS)等。

e. 每个自动控制站均能实现数据采集、开环和闭环控制、协调控制、顺序控制等,相对独立地实现某个功能区的协调控制和连锁保护。

f. 工程设计及工程组态应有成熟一贯的电厂自动化控制的理念及经验,如按电厂的工艺过程特点分层分区实现不同等级的自动化。具有丰富的优化软件模块库,可通过软件组态实现不同工艺过程的自动化,如协调控制、成组控制、子组控制、子环控制、预选控制、闭环控制、开环控制等控制模块、PID 等调节模块、以及各种复杂的性能计算模块和传递函数模块。具有完善的控制策略库,以满足不同类型电厂、不同运行方式的自动化控制需要,如适用于大容量超临界和超超临界机组的多变量及变参数运行的控制策略;又如联合循环电厂的平衡协调控制策略。

g. 采用成熟、标准的软、硬件组件,既降低了成本,又保证了质量。在备品备件、组件升级、系统扩展、系统维护方面均有优势。

h. 统一简单的图形化人机界面,监控画面应面向电厂生产工艺流程及设备操作,组态画面应面向控制策略,应彻底摒弃生涩的计算机命令或计算机编程。

i. 应有灵活的故障画面导航以及充分的故障诊断手段,如故障画面、动态功能逻辑图、在线趋势图、动态性能曲线图、在线设备诊断图,在线运行手册、在线帮助等,以帮助运行人员跟踪故障、分析发生原因和排除故障。

j. 自动化控制系统应具有开放性。它可以采用标准的接口方式,如 OPC,与管理系统和其它自动化控制系统交换数据;可以通过 Internet 或 Intranet 进入,实现远程监控、热线诊断维护等功能。

k. 自动化控制系统应具有严密的用户管理机制以及安全机制,如软硬件防火墙、超文本通信模式、128 位密匙,用户身份证及口令、操作权限等。

l. 各类图表和画面的形式和风格可简单灵活地客户化。存档数据可以转换成各种常用标准格式输出,如报表、Excel 表、页面等。

4 总结

电厂应从实用化角度对新电力形势下的电厂自动化控制系统提出功能和性能指标要求,同时给出检验的标准。在安全运行基础上实现不同层次上的协调控制,利用特性曲线图可视化地实现经济运行。方便快速的在线仿真及在线参数修改应成为优化运行的必需功能。自动控制站按功能区配置和采用现场总线技术及智能现场设备来提高自动控制系统的性能,以满足电网 AGC 及快速变负荷的要求。自动化控制系统应具有远程监控和运行的能力,以实现电网集中优化运行。

本文根据近年来有关电厂自动化的工作体会专
为国际绿色电力会议撰写。

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:

许立昌(1944-),男,上海人,现任西门子电站自动化有限公司总工程师,教授级高级工程师,从事水文、水力、智能仪表、继电保护、电网调度自动化、发电自动化及质量管理工作。