

火电厂电气系统组网方案及纳入 DCS 系统的模式探讨

魏剑啸, 闫天军, 张学涛, 柳大海, 王振岳

(许继电气保护及自动化事业部, 河南 许昌 461000)

摘要: 随着 3C 技术(电子计算机 Computer、控制 Control、通信 Communication)的发展,网络通信技术在火电厂电气自动化系统中得到了广泛的应用,电气系统纳入 DCS 系统的模式正从硬接线向通信方式过渡,火电厂电气自动化系统的局域网组网模式也从现场总线向工业以太网过渡。针对火电厂电气自动化系统的产品现状,分析了不同模式的优缺点,论述了工业以太网在技术、经济方面的优越性及在火电厂电气上应用的必然性和目前面临的问题。

关键词: 现场总线; 工业以太网; 分散控制系统(DCS)

中图分类号: TM727.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2004)18-0060-04

0 引言

随着我国电网规模的不断扩大,电源建设特别是容量 300 MW 及以上大型火电机组的建设得到了迅速发展,另外,随着电力系统市场化改革的不断深入,电力系统“公司化运作、商业化运营、法制化管理”的时代已经到来,这些都对火电厂的综合自动化提出了更高的技术要求。随着单机容量的增大,机、炉、电单元制的出现,对于容量为 200 MW 及以上的机组,电气控制模式逐渐由电气集中控制过渡到机、炉、电单元集中控制,同时从控制和监视的角度来看,也从传统的一对一强电控制模式过渡为计算机监控模式,以适应当前大机组的设计、运行、管理、自动化水平的要求。目前国内许多大型机组电气部分(特别是厂用电部分)已进入机组 DCS 分散控制系统,通过 DCS 分散控制系统实现锅炉、汽机和电气的一体化运行监控。火电厂电气系统纳入 DCS 系统的方式逐渐由硬接线向网络通信方式过渡,火电厂电气自动化系统(特别是厂用电监控系统)的局域网组网模式也经历了现场总线,正逐步向工业以太网过渡。

1 电气系统通过硬接线模式纳入 DCS 系统

从 20 世纪 80 年代末至本世纪初,对于大部分新建或改造的大型火电厂,电气系统的 I/O 信息接入机组 DCS 系统,都采用了硬连接方式,接入 DCS 系统的 I/O 量主要包括开关量输入、开关量输出和模拟量输入,一般采用空接点方式和 4~20 mA 标准直流信号接入 DCS 系统的 I/O 模件柜。这种方式的优点是电气量的 I/O 模件柜布置集中,便于管

理,设备运行环境好;同时采用硬接线方式也比较成熟,对现场信号的反应速度快。但是随着信息技术的飞速发展和现场总线、计算机通信技术的日益成熟,硬连接方式的缺点也日益明显,主要有以下几个方面:

1) DCS 系统的投资随着接入量的数量而增加。每增加一个量,在 DCS 系统中即增加一个“点”,DCS 系统按“点”收费,且模拟量需另加变送器。

2) 浪费大量的电缆、桥架,增加敷设工作量,每增加一个量,都要额外增加一路电缆。

3) 受硬件设备的影响,信息量的范围、种类、系统的扩展性能差。

4) 无法完成较为复杂的电气运行管理工作(如防误、事故追忆、继电保护运行与故障信息自动化管理、录波分析等高级应用功能),实现电气的“综合自动化”。

5) 目前厂用电系统的综合保护装置都是面向间隔设计,集保护、测控和通信功能于一体,可以通过网络传输电流、功率、电量和继电保护信号等大量信息,硬接线模式客观上造成了硬件的重复配置和资源的严重浪费。

2 基于现场总线的火电厂电气自动化系统

从 20 世纪 80 年代中期开始,现场总线技术在工业和民用领域得到了广泛的应用,在通信速率、通信距离及抗干扰能力等方面技术不断提高,并形成多种标准。其在电力系统中的应用,是从 20 世纪 90 年代初在变电站综合自动化系统开始,之后在各种电压等级的变电站综合自动化、水电站综合自动化、调度自动化系统和 DCS 的现场控制层中都得到

了广泛的应用,也取得了很好的运行效果。火电厂电气系统的继电保护和自动装置的全部微机化、现场总线技术的成熟和广泛应用使得从软、硬件上实现发电厂电气综合自动化完全成为可能,并通过通信方式和DCS系统、厂级SIS系统、网控系统进行信息交换。自本世纪初开始的,火电厂电气系统的设备供应商陆续推出基于网络通信模式的发电厂电气自动化系统,如CCZ-8000系统、DCAP-4000系统、CSPA-2000系统等,并在300MW的大型火电机组(如河南伊川电厂、贵州纳雍电厂、云南宣威电厂等)成功投入运行,取得了不错的效果,在系统设计、组网方案等方面都积累了丰富的经验,目前新建的300MW及以上容量的机组,大部分都采用了这种模式。系统的组网方案和接入DCS系统的方式主要有以下几种:

模式一(见图1):该模式保留与机组运行密切相关的厂用电动机部分至DCS系统的硬接线,其余电气信息通过通信网关接入DCS系统的站控层,电气系统设置独立的操作员站、继保工程师站,实现电气系统的高级应用功能,这种模式是从硬接线模式到网络通信模式的过渡。

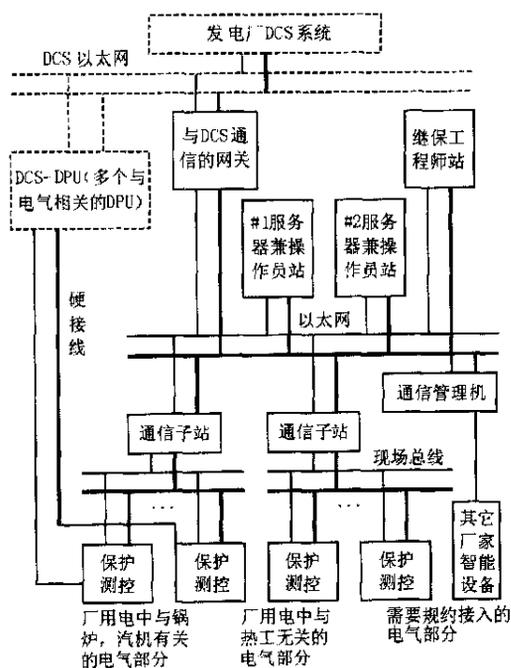


图1 电气综合自动化系统结构一

Fig.1 Architecture of electrical integrated automation system(one)

模式二(见图2):系统充分利用网络通信、现场总线的优势,实现电气综合自动化系统和DCS系统的接口,将电气自动化功能完全融入DCS,从而使

DCS真正覆盖电厂机炉电的监控。电气自动化系统与DCS采用通信方式实现接口,节省大量电缆和常规I/O模块,节约大量投资。从系统性能和经济上都是巨大的进步。这种全通信的模式已经成为发电厂自动化的发展趋势。

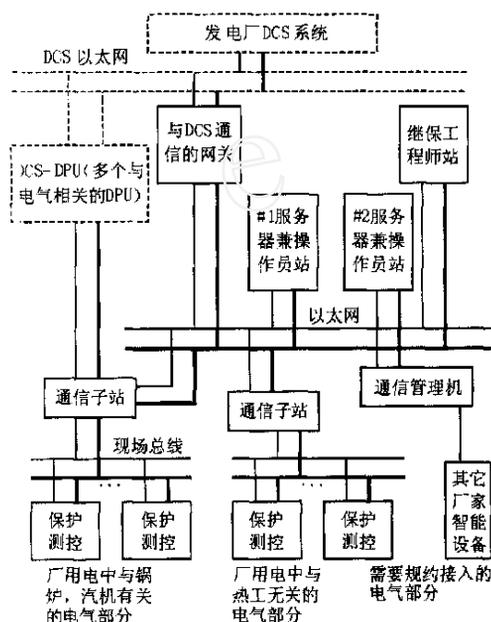


图2 电气综合自动化系统结构二

Fig.2 Architecture of electrical integrated automation system(two)

模式三(见图3):此模式不同于一、二之处,在于与DCS系统通信不是在电气综合自动化系统的上位机层,而是将各系统信息分别送入不同的通信管理单元,由通信管理单元直接与DCS通信,这种方式可将信息量分散处理,不易造成信息拥塞而出现瓶颈现象,一个通信管理单元的故障也不会造成整个网络通信的瘫痪。

3 基于嵌入式以太网的火电厂电气自动化系统

以上3种通过通信模式接入DCS系统的火电厂电气自动系统,在现场间隔层的局域网都采用了现场总线,这种局域网的缺点是传输速率低、通信节点有限、网络拓扑结构不合理和通用性差,在通信主干网应用时有很大的局限性,必须要通过通信管理机进行前置中转,从而增加了通信的环节和设备成本,通信管理机又很容易成为通信的瓶颈,通信管理机的故障会造成大量装置通信中断而失去监控。近几年来,以太网技术特别是工业以太网技术凭借其传输速度快、容量大、成本低、开放性好、网络拓扑结

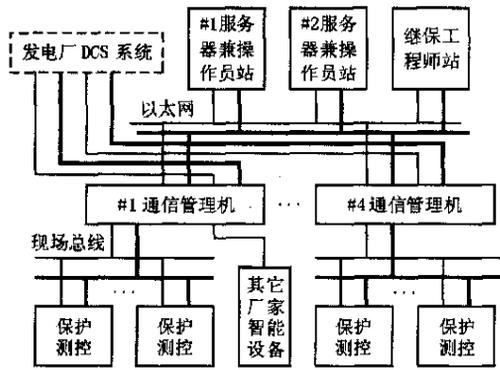


图3 电气综合自动化系统结构三

Fig. 3 Architecture of electrical integrated automation system (three)

构灵活等优势,不仅在局域网应用领域成为唯一占主导作用的网络,而且已从办公商业领域进入工业控制领域,其市场份额由1998年的8.4%跃升为2003年的22%,是各种总线中升幅最大的。交换式网络大大提高了信息传递的确定性和实时性,因而ARC(Automation Research Company)公司预言:以太网技术和TCP/IP将成为器件总线和现场总线的基础协议。国外大的电力设备供应商如GE、Siemens、Schneider、Elin等,纷纷推出了基于嵌入式以太网的微机保护测控设备和PLC,国内大的电力装备制造商如许继电气公司、国电南自公司、北京四方公司等开发的最新综合自动化系统中,也把嵌入式以太网成功地应用于二次保护控制设备,并在数百座220 kV、500 kV 枢纽变电站及以下各电压等级的变电站、水电站监控和火电厂电气自动化系统成功运行,因而嵌入式以太网是火电厂电气自动化系统间隔层局域网的必然发展方向,系统结构见图4。

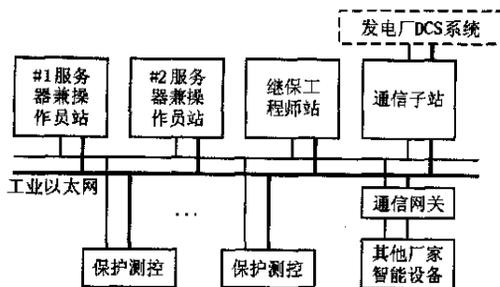


图4 电气综合自动化系统结构四

Fig. 4 Architecture of electrical integrated automation system (four)

电气综合自动化系统完全通过通信方式纳入DCS系统,把嵌入式的10 M工业以太网应用于现

场间隔层,站控层和间隔层通过双光纤以太网进行通信,去掉了通信管理机,大大提高了网络通信的速率、可靠性和开放性,站控层的通信子站专门负责和DCS系统的信息交换,可通过多台子站、多个100 M以太网通道和IEC60870-5-104规约实现和DCS的通信,从而把电气系统完全融入DCS系统,基于工业以太网的全面解决方案真正实现了火电厂电气系统和DCS系统信息交换的无缝联接。

4 存在的问题和解决办法

对于火电厂电气自动化系统,都有大量不同厂家的微机保护和自动装置接入系统,表1为一个发电厂电气综合自动化系统所涉及的通信接口一览表。

表1 发电厂电气自动化系统通信接口一览表

Tab. 1 Communication interface in electric power automation system of power plant

设备	设备通信接口	通信速率 k/ bps	通信协议	通信介质
自动励磁调节器	RS485	9.6	DBJ	屏蔽双绞线
直流系统	RS485	9.6	MODBUS	屏蔽双绞线
机组故障录波	RS485	9.6	MODBUS	屏蔽双绞线
发变组及起备变保护	RS485	38.4	IEC60870-5-103	屏蔽双绞线
厂用电源快速切换装置	RS422	9.6	MODBUS	屏蔽双绞线
柴油发电机	RS485	9.6	MODBUS	屏蔽双绞线
网络监控系统	RS422	9.6	部颁 polling	屏蔽双绞线
DCS系统	RS485	19.2	MODBUS	光纤
自动准同期装置	RS485	9.6	MODBUS	屏蔽双绞线
交流不停电电源	RS485	9.6	MODBUS	屏蔽双绞线

一般来说,电厂电气保护、自动装置通常是采用不同厂家的产品。由于目前没有统一的设备通信规约标准,各厂支持的现场总线标准不一致,而这些规约不同的产品需要进行相互连接和操作,因此两者就必需由规约转换器来实现信息互换。正是由于上述原因,造成各方配合工作量增大,协议转换工作量增大。这就需要各生产厂家严格执行国际/国家标准通信规约,这是发展趋势。

5 结语

嵌入式以太网是火电厂电气自动化系统内部局域网的必然发展趋势,电气系统通过高速的以太网与国际标准通信规约和DCS系统进行通信是完全可行的。电气综合自动化技术应用于发电厂厂用电系统,提高了电气设备及系统的运行管理水平,直接关系到电厂运行的安全经济性,增强了电厂在电力市场上的竞争能力。

参考文献:

- [1] 阳宪惠 (YANG Xiarr-hui). 现场总线技术及其应用 (Technology and Application of Field Bus) [M]. 北京: 清华大学出版社 (Beijing: Tsinghua University Press), 1999.
- [2] 陈积明,王智,孙优贤 (CHEN Ji-ming, WANG Zhi, SUN You-xian). 工业以太网的研究现状及展望 (Status in Quo and Expectation of Industry Ethernet) [J]. 化工自动化及仪表 (Control and Instruments in Chemical Industry), 2001, 28(6): 1-4.
- [3] 李子连 (LI Zi-lian). 现场总线技术在电厂应用综论 (Application Summarization of Field Bus in Power Plant)

[M]. 北京:中国电力出版社 (Beijing: China Electric Power Press), 2002.

收稿日期: 2004-07-23; 修回日期: 2004-08-13

作者简介:

魏剑啸(1968 -),男,工程师,从事火力发电厂电气系统自动化方面的研究和设计工作;

闫天军(1974 -),男,工程师,从事火力发电厂电气系统自动化方面的研究和设计工作; E-mail: tianjuny-2008@sina.com

张学涛(1972 -),男,工程师,从事发电厂高级应用软件方面的研究和设计工作。

Discussion on the project of Network connections and the mode of entering into DCS in the electric system of thermal power plant

WEI Jian-xiao, YAN Tian-jun, ZHANG Xue-tao, LIU Da-hai, WANG Zhen-yue

(Business Department of Electric Protection and Automation, XI Electric Corporation, Xuchang 461000, China)

Abstract: With the development of the computer, control and communication, the technology of network and communication has been employed widely in electric power automation system of thermal power plant, the mode of entering into DCS is transferring from cable connection to communication, and the project of Network connections in the local network is transferring from field bus to industry Ethernet. In view of its equipment status, this paper analyzes the superiority and the shortcomings about different project of Network connections, expounds the superiority of industry Ethernet in technological and economical field, and presents the necessity of its application in the electrical system of thermal power plant as well as the problems faced to.

Key words: field bus; industry Ethernet; distributed control system(DCS)

(上接第 45 页 continued from page 45)

- [8] Klumpner, Christian. The Matrix Converter: Over Voltages Caused by the Input Filter, Bi-directional Power Flow, and Control for Artificial Loading of Induction Motors[J]. IEEE Electric Machines and Power Systems, 2000:129-142.
- [9] Vukelja P I, Naumov R M. Experimental Investigations of High-voltage Motor Switching Surges[J]. IEEE Proceedings: Generation, Transm and Distrib, 1995: 233-239.

- [10] Anderson E. Over Voltages due to Vacuum Switches and Their Reduction in MV Networks[A]. IEEE Conference Publication, 1997. 1-5.

收稿日期: 2003-12-19; 修回日期: 2004-05-09

作者简介:

高 瓴(1979 -),女,硕士研究生,研究方向为电机电器的故障诊断和在线监测; E-mail: lingdang_scu@sina.com

刘 念(1956 -),男,教授,硕士生导师,研究方向为电器设备故障诊断和电力系统计算机应用。

Study of new method for on-line safety monitoring in motor switching over-voltage

GAO Ling, LIU Nian, MA Yue-jiao, HOU Bao-sheng

(School of Electrical Engineering, Sichuan University, Sichuan 610065, China)

Abstract: Vacuum breaker is generally used in power system as the major installation for distribution network. But the breaker switching often causes high over-voltage mostly, which will do great damage to the insulation of the motor stator. After analyzing the reasons and characteristics of switching over-voltage, this paper proposes a new method of using the finite-element method to analyse the effect of switching over-voltage on motor and monitor the field intensity change in insulation medium of motor stator, with which realizing the analysis of on-line safety prediction for motor internal insulation.

Key words: switching over-voltage; on-line safety prediction; finite-element method