

基于 IEC61850 的光纤工业以太网交换机的设计及应用

汪 强

(许继昌南通信设备有限公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 针对 IEC61850 标准在功能、电磁兼容、环境温度和机械结构等方面对工业以太网交换机提出的更高要求, 介绍了一种基于 IEC61850 的光纤工业以太网交换机的设计方案。该方案从硬件设计、软件设计和其它设计给出了交换机的独特实现技术。基于 IEC61850 的光纤工业以太网交换机在数字化变电站中的应用将对变电站自动化水平的进一步提高产生积极的推动作用。

关键词: IEC61850; 数字化变电站; 自动化系统; 光纤; 工业以太网交换机; 设计; 应用

Design and application of fiber industrial ethernet switch based on IEC61850

WANG Qiang

(XJ Changnan Communication Equipment Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

Abstract: Aiming to IEC61850 calling for a new requirement on the function, EMC, tempreture and mechanical structure of Industrial ethernet switch, this paper introduces a design scheme of fiber industrial ethernet switch based on IEC61850. This scheme gives many specific realization technologies in software and hardware design. The application of fiber industrial ethernet switch based on IEC61850 in digitalized substation will play a positive role in enhancing the level of substation automation.

Key words: IEC61850; automation system in digitalized substation; fiber; industrial ethernet switch; design; application

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)13-0113-03

0 引言

IEC61850 是新一代的变电站自动化通信网络国际标准。经过国调中心组织的 6 次 IEC61850 互操作试验, 中国已经从标准研究阶段过渡到工程应用阶段, 并已有多个基于 IEC61850 标准的变电站投入运行^[1]。

数字化变电站抛弃了常规变电站的通信方式, 信息传递全部采用光纤网络。工业以太网交换机作为数字化变电站通信网络的关键设备, IEC61850 对其提出了更严格的要求, 使其能为数字化变电站的可靠通信保驾护航。基于 IEC61850 的光纤工业以太网交换机的设计及在数字化变电站中的应用研究将对变电站自动化水平的进一步提高产生积极的推动作用。

1 IEC61850 简介

IEC61850 标准由国际电工委员会第 57 技术委员会负责制定, 于 2004 年颁布, 我国等同引用为电力行业标准 (DL/T860 系列)。它是变电站自动化

系统结构和数据通信的国际标准, 主要目的是使不同厂家的智能电子设备 (IED) 通过相同标准实现互操作和信息共享。IEC61850 系列标准共 10 大类、14 个标准, 作为基于网络通信平台的变电站国际标准, 它的发展方向是实现“一个世界、一种技术、一个标准”^[2-3]。

IEC61850 标准将变电站通信体系分为变电站层、间隔层和过程层^[3], 如图 1 所示。各层内部和各层之间通过高速以太网实现信息共享。

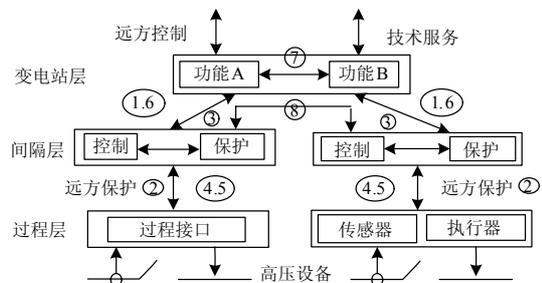


图 1 信息分层的变电站自动化系统

Fig.1 Information leveling in substation automation system

2 数字化变电站自动化系统的特点及其对工业以太网交换机的要求

2.1 数字化变电站自动化系统的特点

数字化变电站是指遵循 IEC61850 标准的变电站，其主要特征是：“一次设备智能化，二次设备网络化，符合 IEC61850 标准”。

数字化变电站自动化系统的特点^[4]：

(1) 智能化的一次设备。一次设备大量采用微处理器、可编程控制器、光电技术、光纤技术等技术手段。

(2) 网络化的二次设备。站内常规的二次设备以及新兴装置全部基于标准化、模块化的微处理机设计制造，设备间通过高速的网络通信，真正实现了数据共享、资源共享。

(3) 自动化的运行管理系统。包括电力生产自动化；故障时的智能化；设备检修自动化。

2.2 数字化变电站对工业以太网交换机的要求

网络系统是连接站内各种智能电子设备 (IED) 的纽带，是数字化变电站自动化系统的命脉^[5]。工业以太网交换机作为数字化变电站通信网络的重要设备，IEC 61850-3 对其提出了更严格的要求。

在功能方面：(1) 支持 QoS 服务质量和快速存储转发方式，以保证网络中重要的 GOOSE/GSSE 报文得到实时传输；(2) 支持 VLAN 实现网段隔离，保证重要数据实时、可靠传输并抑制网络广播风暴；(3) 支持冗余网络拓扑结构，以提高网络的可靠性；(4) 支持 RSTP 快速生成树协议，提高网络故障时的收敛速度，避免网络环回和抑制网络广播风暴等。

在电磁兼容方面：要求能在强电磁干扰、电击、雷击等环境下正常工作。

在环境温度方面：满足宽温范围，能在极端恶劣的温度条件下可靠运行。

在机械结构方面：满足特定的防尘、防潮、防水要求；具备良好的散热条件；能承受强振动、大冲击的外力等。

3 光纤工业以太网交换机的设计

伴随国内数字化变电站的建设，符合 IEC61850 标准的工业以太网交换机得到了国内外通信设备供应商的高度重视。许继昌南通通信设备有限公司严格按照 IEC 61850 标准，自主研发了 ZYJ-860F 智能型光纤工业以太网交换机。

3.1 硬件设计

ZYJ-860F 交换机均采用工业级、高性能的元器件，硬件部分主要由 CPU 模块和交换模块组成，如

图 2 所示。CPU 芯片是基于 ARM9 的 32 位嵌入式处理器，实现交换机的高级管理功能配置、远程管理以及对故障的诊断监测。SDRAM 和 FLASH 实现交换机中程序和数据的存储管理。

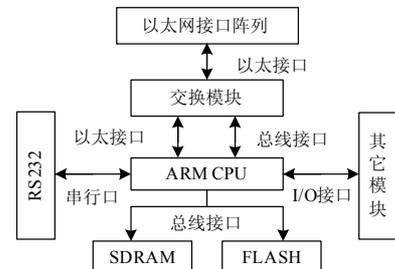


图 2 工业以太网交换机方案

Fig.2 Scheme of industrial ethernet switch

交换模块选用工业级、高速芯片，支持 VLAN、QoS、Trunk、IGMP Snooping、STP/RSTP、Mirroring、SNMP 等功能；提供 4 个千兆的光/电接口，24 个 10/100 M 光/电接口和一个 RS232 管理口；采用存储转发、无阻塞全线速交换；具有 -40 °C ~ 85 °C 宽温范围；等。

为了提高硬件电路的质量采取了许多技术措施：如印制电路板使用 CAD 技术；元器件的焊接大规模采用表面贴装生产工艺等。

3.2 软件设计

在软件设计中引入模块化的设计思想，把整个系统分为：初始化、系统移植、芯片驱动、通信模块和应用程序等几部分来实现。为了完成复杂的算法计算、任务调度及管理功能，并保证交换机的实时性、可靠性，采用了基于 Linux 操作系统的嵌入式开发技术。

软件设计的主要任务是对交换芯片的寄存器进行设置，使之实现丰富的网络管理功能，如环网自愈、Vlan、QoS 等技术。

交换机的动态环技术，采用专有快速算法确保网络自愈时间最小。环网中的交换机通过循环的发送一帧监测报文来保持彼此联系，一旦发生故障，环网中的交换机就能知晓，并立即启动备用通道。

交换机实现了基于 802.1Q/Port/Mac 等 VLAN，可以根据任务的轻重缓急划分不同的网段，既规避了网络风险，又改善了带宽的利用。

交换机采用 IP Head 优先级和 802.1p 用户优先级两种策略来提高网络的服务质量。QoS 有 4 个优先队列，执行严格、权重调度算法。严格优先级，先发送高优先级队列，后发送低优先级队列；权重优先级采用轮询调度算法，按照一定的权重发送 4 个队列的数据。

3.3 其他设计

交换机采用冗余双电源输入, 当工作电源发生故障, 立即通过继电器接通备用电源, 并给出告警信息。电源的设计采用了军品级防雷击、防浪涌保护电路。

交换机具有专有的自然风道散热方式。在特制的厚铝金属机箱中间, 通过一个中空的管道将电源和交换芯片两大热源分割开, 两热源通过散热器与管道和机箱上面板紧贴, 实现散热。

4 ZYJ-860F 交换机在数字化变电站的应用

考虑到数字化变电站的实际应用情况, 遵照 IEC 61850 标准, 提出如图 3 所示的数字化变电站通信网络方案。方案采用抗电磁干扰强的光纤网络, 在变电站层和间隔层之间采用冗余环网, 在每层的内部采用星型网络。方案使用 ZYJ-860F 交换机来搭建快速的光纤通信平台。

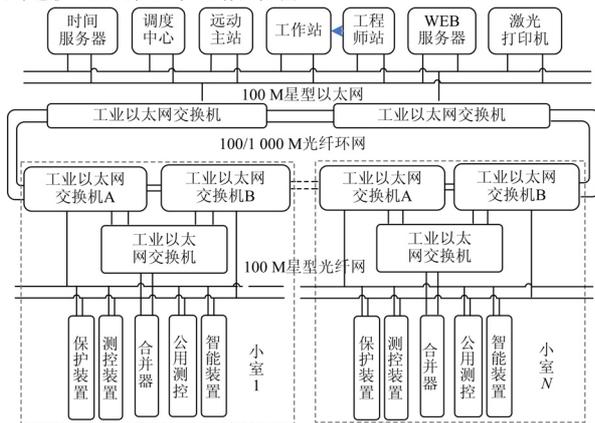


图 3 数字化变电站通信网络

Fig.3 Architecture of communication network in digitalized substation

数字化变电站自动化系统对通信的实时性要求很高, 方案采取了许多措施来保障。光纤冗余环网采用动态环技术, 一旦有故障发生能保障网络的自愈时间最小, 从而保证数据通道的畅通。通过 VLAN 将不同的业务划分在不同的网段内, 不但能提高网络的吞吐量和带宽利用率, 还能有效地防止网络风暴和数据的冲突, 从而保障了网络的实时、可靠传输。

通信网络是数字化变电站自动化系统的纽带, 而网络拓扑结构关系到通信网络的安全稳定运行。在这个方案中采用光纤冗余环网和星型网相结合的方式, 可以避免交换机的单环节点过多和多级级联

而引发的网络缺陷, 有利于提高网络的实时性、可靠性和扩展性, 有助于保障变电站的正常工作。

该方案基于 IEC61850 标准, 实现了保护、测量以及监控等功能, 具有可靠性高、互操作性强和扩展灵活等优点。

5 结束语

随着数字化变电站技术和通信网络技术的发展, 工业以太网交换机已经成为数字化变电站的核心设备。基于 IEC 61850 的 ZYJ-860F 智能型光纤工业以太网交换机具有卓越的工业品质和较高的性价比, 能够为变电站、电厂等严苛工业环境提供理想的通信解决方案, 将对数字化变电站的建设产生积极的推动作用。

参考文献

- [1] 辛耀中, 王永福, 任雁铭. 中国 IEC61850 研发及互操作试验情况综述[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (12): 1-6.
XIN Yao-zhong, WANG Yong-fu, REN Yan-ming. Survey on research, development and interoperability test of IEC 61850 in China[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31 (12): 1-6.
- [2] 高翔. 数字化变电站应用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
GAO Xiang. Application technology in digital substation[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2008.
- [3] IEC 61850 communication networks and systems in substations[S].
- [4] 曾庆禹. 变电站自动化技术的未来发展(一)[J]. 电力系统自动化, 2000, 25 (9): 1-6.
ZENG Qing-yu. The future development of substation automation technology(1)[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 25 (9): 1-6.
- [5] 沈国荣, 黄健. 2000 年国际大电网会议系列报道[J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (5): 1-5.
SHEN Guo-rong, HUANG Jian. A review of CIGRE'2000 on substation automation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (5): 1-5.

收稿日期: 2009-08-19; 修回日期: 2010-02-01

作者简介:

汪强(1978-), 男, 工程师, 主要从事电力通信系统的研发工作。E-mail: wangqiang8139@163.com