

牵引变电站自动化系统的通信技术

黄慧汇, 陈维荣

(西南交通大学 电气化自动化研究所, 四川 成都 610031)

摘要: 针对电气化铁路牵引变电站的实际情况, 结合变电站自动化系统的发展趋势, 详细讨论了分层分布式牵引变电站的站内通信及与远方调度中心的通信。站内采用 LonWorks 测控网与以太网两级通信机制, 多个变电站与调度中心采用 DDN 方式组网通信。分析及现场试验有力地表明, 该方案能满足变电站自动化系统对通信的高可靠性、灵活性和实时性的要求, 为进一步实现变电站无人值班打下良好基础。

关键词: 牵引变电站; 变电站自动化; 现场总线; 以太网; 通信

中图分类号: TM 76; TM 73 文献标识码: B 文章编号: 1006-6047(2001)08-0012-03

1 分层分布式牵引变电站通信模式

国内牵引变电站一般为 110 kV 等级, 根据 IEC/TC-57 的建议, 采用分层分布式结构, 站内设备分为过程级、间隔单元级和变电站级^[1~3]。

1.1 间隔单元级通信

传统的间隔级通信多采用串口通信, 如 RS-232C 或 RS-422/485 标准, 但 RS-232C 通信的有效距离很有限 (15 m 以内), 而 RS-485 总线为主从结构, 主节点繁忙时, 可能严重影响系统的性能, 并且其上各 I/O 单元之间的横向通信仍须经过站级计算机进行, 不太适合分层分布式的自动化系统。

目前单元级通信流行采用现场总线 (Field Bus) 技术。现场总线是一种连接智能现场设备和自动化系统的全分散、数字式、双向传输、多变量、多分支结构的通信网络, 以期实现控制系统和通信网络的集成。典型代表 LonWorks (Local Operating Network) 是由美国 Echelon 公司于 1991 年推出的局部操作网络技术。它采用基于嵌入式神经元芯片的总线技术, 很容易地组成对等/主从式、决策设备/传感器总线及高水准的现场总线系统, 为分散式监控系统提供了很强的实现手段。它既能管理通信, 又具有 I/O 和控制功能, 利用它可以方便地组成功能强大的客户/服务器网络管理体系结构, 符合当前分层分布的开放式变电站自动化系统的发展趋势。

LonWorks 使用带预测的 P-坚持 CSMA/CD 算法, 非常适于总线型网络, 网上各节点平等, 均可直接通信; 节点数可任意改变, 任一节点的移动、投退, 在物理上都不会影响网上其它节点的通信。考虑到牵引变电站的强电磁干扰环境, 为了保证数据传输可靠性, 宜用光纤作为传输介质。在网络拓扑选择

上, 因光纤不易分接且损耗大, 总线网实现起来较困难, 环网采用点到点通信, 虽无需分接, 但环上任一节点故障会断开整个通信链路, 而双环结构成本又较高。基于面向对象的观点, 将包含完备的保护和监控功能的每一个间隔单元作为一个或多个 LonWorks 节点, 以此划分, 间隔级通信节点数目一般小于 32 个, 可选用总线逻辑拓扑的无源星形耦合器构成的测控网络, 因其物理拓扑仍为星形, 便于提供 LON 服务和节点重配置, 也容易施工, 如图 1 所示。若考虑今后由于设备扩充而需增设更多的节点, 可用有源星型耦合器来构成一个更大规模的光纤网。考虑到目前大多数变电站自动化系统的通信规约还采用问答式, 保护测控单元与监控调度通信网并非对等网, 网络不存在 CSMA/CD 碰撞, 为了不致造成资源浪费, 在通信设计时可除去网中的 CSMA/CD 碰撞检测。

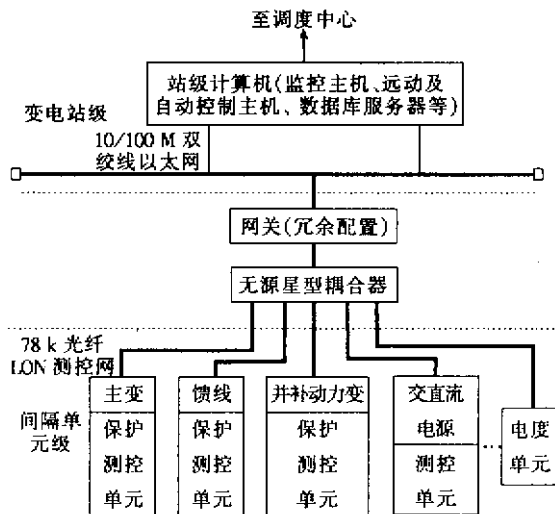


图 1 基于 LonWorks 网的牵引变电站站内通信模式
Fig.1 The internal communication mode of traction substation based on LonWorks net

为保证通信的可靠性,采用速率为 78 kbit/s 的 A、B 双 LON 网结构。正常情况下,A 网负责传送各种遥测、遥信量等监控信息,B 网负责传送故障录波数据、保护和自动装置的定值及动作情况等保护信息。异常情况下,如 A 网故障,则 B 网停止传送故障录波数据及其它保护信息,以接替 A 网继续传送更重要的监控信息;当 B 故障时,A 网也传送故障录波以外的数据和信息,传送的优先级应根据实际情况来确定。该种配置,不仅节约成本,还可有效地提高数据通信的可靠性。LonWorks 响应速度较快,在一般情况下都具有良好的时延确定性和实时性。

1.2 变电站级通信

变电站级一般包括监控主机、远动及自动控制主机、数据库管理服务器及工程师站等,该层信息传输量较大,不仅要传递监控、保护信息,还要传递数字电量、录波及其它安全自动装置的信息。LON 网速率较低(最高 1 Mbit/s),不适于该层通信。为保证实时性和可靠性,可选用基于 TCP/IP 的 IEEE 802.3 标准 10/100 Mbit/s 的双绞线(UTP5)以太网,可方便地接入 Internet 网和上级 MIS 网。

虽然该层信息传输量大,但通信节点较少,并且在拓扑上采用星型连接及交换式 Hub。交换式 Hub 提供数据缓冲及具有确定接收数据的网段智能,使数据冲撞及重发机会最小化;另外,改进的通信协议有效地克服了 TCP/IP 中的缓冲器满再发送及冲撞控制中的允许“丢包”等缺点,通信的可靠性和实时性可得到保证。需要注意的是,若实行无人值班,则该层的监控主机、工程师站等均可去掉,完全由调度中心控制,为了方便检修起见,可在该层设置控制键盘。

1.3 现场级与变电站级通信^[4]

用于现场级的 LON 网与变电站级的以太网互联的规约转换器(网关)是整个通信的关键,任务比较繁重,必须冗余配置,互为备用。网关设计有不同的方法,一是采用专门的接口芯片,如由 Echelon、Toshiba 和 Cisco 正在联合开发的 TMPR3915 芯片,提出了增强型网络计算 ENC 的概念。该芯片内部有两个网络通信控制器,一个为 10 M 以太网控制器,负责以太网的物理层和数据链路层处理;另一个为 LON 现场总线控制器,负责解释和执行 LonTalk 协议。软件采用跨平台的 Java 语言,移植性较好,易与 Internet 等广域网集成。但该芯片还未面世,估计价格也较贵。

另一种可行的方法是如图 2 所示的 Neuron 芯片加单片机采用嵌入式设计。Neuron 芯片选用 3150 系列,负责 LON 网通信,单片机选用 MPC68360,它是一个通信功能很强的 32 位微处理器,片内有 6 个串口,支持多种通信协议,片上内置 10 M 以太网控制器,串

口 1 可方便地配置成 10 M 以太网口。Neuron 芯片与 MPC68360 之间采用 SlaveB 并行口通信。软件分两部分,一部分为 Neuron 芯片的软件,用 Neuron C 编程;另一部分为 MPC68360 芯片的软件,用嵌入式实时多任务操作系统和嵌入式 TCP/IP 模块。该方案具有较大的灵活性,可根据实际情况设计出不同的转换系统,且成本较低。

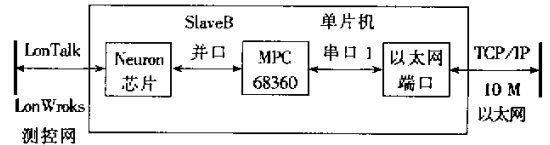


图 2 LON 网与以太网互联的网关结构

Fig. 2 The gateway structure between Lon net and Ethernet

1.4 变电站与远方调度中心通信

传统的远动数据采用串口(RS-232C/RS-422)加 Modem 方式传输,速率为 0.6 ~ 1.2 kbit/s,基本上只能传送传统的“四遥”信息。而如今在无人值班变电站,可能会要求远方调度中心能用视频图像来监视变电站的安全运行情况,即所谓的“遥视”。目前远动数据的传输介质是专用的铁路综合电缆,其带宽非常有限,无法再为视频信息分配宽带通道,从长远角度来考虑,必须建立适合铁路通信大容量的传输通道。光纤具有带宽宽,传输速率快,抗干扰能力强,是铁路通信新通道建设的理想选择。

通信技术可选用 DDN(Digital Data Networks)方式。DDN 主要用于建造专网,非常适合铁路系统通信的特点。它是一个纯粹的数据传输网,可支持任何高层协议,支持数据、图像、声音的传输业务,其传输对用户是全透明的。DDN 具有高带宽和低延时的特点,支持 64 kbit/s ~ 2 Mbit/s(E1)传输,甚至 T3(45 Mbit/s)和 OC-3/STM-1(155 Mbit/s),目前多以光纤或同轴电缆为传输介质,信道质量很高,通信子网的高层协议均提交用户端设备实现,所以 DDN 的管理和监控十分简单。DDN 技术的另一个潜在好处在于它只是一个数字传输系统,极易升级到帧中继,在今后的改造中完全可基于 DDN 的基础设施,在 DDN 结点安装帧中继模块,来组建帧中继网,以弥补 DDN 处理突发性业务不足等缺点,使其具有更高的经济效益。

电力系统的变电站与调度中心通信是典型的点对点方式,结构上采用星型网,很少出现通道竞争问题。但牵引变电站是沿电气化铁路沿线分布,一般间距十几公里,其物理分布为如图 3 所示的链式或双 T 结构。这就决定了通信网的拓扑也需采用相应结构,即各变电站与调度中心的通信要共享信道。

电气化铁路远动调度的特点决定了其共享方式

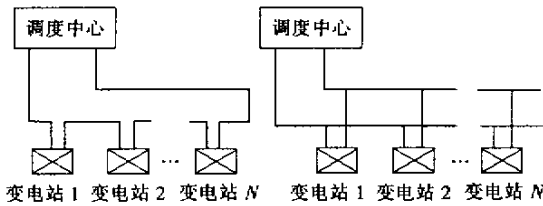


图3 链式和双T结构的物理分布模式
Fig.3 The physical distribution modes of chain and dual-T structure

为分时共享,每一时刻中心只与一个远方单元(RTU)通信,一般不会出现多个变电站数据竞争通道的问题,因而对于传输诸如音、视频等对带宽要求较高的数据同样可采用与远动类似的方式,通信模式如图4所示。需要注意的是,一旦变电站异常,应立即向网上发送载波,其余变电站检测到载波后立刻停止数据的正常传输,以利于异常变电站将事故信息上传,以免造成通道拥塞而影响实时性。其中路由器可为远动及音、视频数据的通信提供E1口,以方便地接到DDN光纤网。由于DDN通信的透明性,为节省成本,也可设计一个RJ-45/E1转接设备以代替昂贵的路由器。但采用路由器有许多不可替代的优点,如组网方便,尤其是变电站局域网上Internet非常容易。

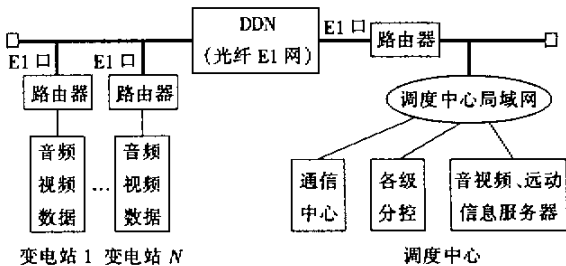


图4 变电站与调度中心的通信模式
Fig.4 The communication mode between substation and dispatch center

3 结语

本文讨论了分层分布式牵引变电站的站内通信

Communication Technology in Traction Substation Automation System

HUANG Hui-hui ,CHEN Wei-rong

(Southwest Jiaotong University ,Chengdu 610031 ,China)

Abstract : According to the realities of electrified railway traction substation and the development tendency of substation automation system ,the internal communication of a hierarchic distributed traction substation and its communication with remote control center are discussed in detail. Dual-level communication network of Lon-Works and ethernet is used in internal communication ,and DDN is used to construct the communication network for substations and control center. Analysis and experiment prove that the needs of substation automation system for reliability ,flexibility and real-time performance can be met preferably. Furthermore ,the solid foundation for unmanned substation can be laid.

Key words : traction substation ; substation automation ; field bus ; ethernet ; communication

及与调度中心的通信。通过设计的网关,将间隔级的 LonWorks 无源星形网与变电站层的 TCP/IP 双绞线以太网结合起来,发挥了各自的优势。变电站与调度中心之间采用大容量 DDN 光纤网,易于将远动数据与音、视频信息一起传输。分析及现场试验有力地证明了该通信方式的可行性,能使变电站自动化系统具有较高的可靠性和灵活性。

参考文献 :

[1] 贺威俊,高仕斌.电力牵引供变电技术[M].成都:西南交通大学出版社,1998.
HE Wei-jun ,GAO Shi-bin. Electric power traction substation technique. Chengdu : Southwest Jiaotong University Press , 1998.

[2] 赵旭初.数据通信与连网技术[M].成都:电子科技大学出版社,1998.
ZHAO Xu-chu. Data communication and network technology. Chengdu : Electronic Science and Technology University Press ,1998.

[3] 赵祖康,徐石明.变电站自动化技术综述[J].电力自动化设备,2000,20(1):38-42.
ZHAO Zu-kang ,XU Shi-ming. A summary of substation automation technology. Electric Power Automation Equipment , 2000,20(1):38-42.

[4] 秦立军,任雁铭,李向. LonWorks 现场总线与以太网的互联研究[J].工业控制计算机,1999(5):36-37.
QIN Li-jun ,REN Yan-ming ,LI Xiang. Study on the interlink of lon works field bus and ethernet. Industrial Control Computer ,1999(5):36-37.

(责任编辑:柏英武)

作者简介 :

黄慧汇(1975-),男,四川自贡人,硕士,研究方向为变电站综合自动化及电力系统继电保护;

陈维荣(1965-),男,四川内江人,博士,教授,研究所副所长,研究领域为变电站综合自动化及神经网络与小波分析在电力系统中的应用。