

基于 IP技术的电力系统柔性 SCADA 研究与应用

杨海晶¹, 杨以涵¹, 马 骞¹, 杨宛辉², 刘文颖¹, 宁康红³

(1. 华北电力大学, 北京 102206; 2 郑州大学电气工程学院, 河南 郑州 450002;

3. 浙江省电力设计院, 浙江 杭州 310000)

摘要: 新建的高速电力信息网使电力系统原有通信方式发生重大变化, 如何有效利用电力信息网为电力系统运行和应用服务成为研究人员关心的问题。在高速电力信息网的基础上, 提出了一种柔性 SCADA 概念。柔性 SCADA 是在高速的广域电力信息网的基础上, 充分利用新增的带宽资源, 在原有远动规约上进行扩充, 将 IP 技术应用于电力系统通信, 将数据、语音、图像等业务集于一体, 组成的灵活交互式信息网络, 是现有 SCADA 系统的全面升级和增强。基于柔性 SCADA 可以开展多种电力系统的新兴应用, 以故障信息系统为例, 描述了其功能和结构。故障信息系统是对现有 EMS 功能的补充和完善, 可以支持更多的高级应用, 对于提高电网自动化运行水平和电网调度水平具有极其重要的意义。

关键词: 电力系统; 高速通信网络; IP 技术; 柔性 SCADA; 故障信息系统

中图分类号: TM76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)21-0049-04

0 引言

近年来, 计算机技术、通信技术和信息处理技术的飞速发展, 对电力系统的生产和管理产生了巨大的影响。现代的通信网络和传输手段使大容量、高速度的广域通信迅速普及。通信系统作为电力系统运行和控制的中枢神经, 利用现代通信手段改造电力系统通信网的必要性已经不再为人们所置疑。

原有的通信系统在以下几个方面制约着电网自动化的进一步发展:

1) EMS 功能的扩充和完善^[1]。随着现代电网对运行和服务水平的更高要求, 原有 SCADA 系统已经不能完全满足许多电网高级应用的需求, 不能为相应的电力系统分析软件提供数据通信服务。当前的 SCADA 为 EMS 上传的数据主要都是为电网稳态运行服务的, 它所传送的信息对于处理常规的负荷变化、电压、频率小范围波动等扰动已经足够使用。但现代电力系统必须要能快速准确地处理各种难以预计的故障, 才能满足优质的供电服务。长期以来, “决策”是所有 EMS 开发人员追求的一个目标, 但不能处理故障的 EMS 就不算是具有决策功能。因此, 在 EMS 中急需加入为故障及暂态、检修等服务的功能模块。要做到这些, 底层的数据通信是最基本而又首要的问题。

2) 电力市场化改革。电力市场是电力体制的

一次重大改革, 它不仅影响电力系统的运营方式, 还给电网分析和控制提出了更高的要求。通信系统同样面临着新的问题。发电侧电力市场要求有强大的信息系统的支持, 参与交易的各电厂和交易中心通过信息系统联系在一起, 各方要能公平、公正、公开地在网上完成电力交易。原有的通信方式无论在容量上, 还是在安全性上都存在缺陷。

3) 新兴的各种电力系统业务。生产、管理及办公等局域网的建设加速了对局域网广域互联的要求, 无人值班、视频监控、会议电视以及各种多媒体业务等都要求网络带宽和可靠性的提高。

4) 配网自动化、需方管理自动化等也都需要更高的带宽和通信接口的灵活性。

目前许多地区已经架设了大量的光纤网, 光纤网构成了新的电力信息网的主要通信介质, 这为应用现代大容量、高速度的通信手段提供了基础。然而, 经过对现场多处自动化系统和通信系统的调研, 我们发现对于新的通信系统的应用却还不尽如人意。在很多地区已经架设了大量的光纤, 做到了光纤到变电站, 但光纤带宽的利用率却特别低, 其上所传输的仍然仅是四遥数据, 四遥以外的许多信号调度和其他远方终端却无法得到, 调度电话也不是通过专用的电力系统通信网联系的, 更不用说各种电力系统的多媒体、图象监控等新业务了。

利用光纤所提供的带宽资源和高速通信特点, 可以将现有电力系统中的所有通信业务都集中实现和管理, 将语音、数据、图象和多媒体等业务统一在

基金项目: 国家电力公司资助项目 (SGKJ[2003]01 - 16)

一个通信平台上,形成典型的多业务综合和广域互连。这就是提出“柔性 SCADA 的背景与它所要解决的问题。

1 柔性 SCADA 系统的内容

1.1 概念的提出

本文提出的“柔性 SCADA 就是在高速的广域网基础上,利用 IP 技术建立起来的一种网络化的运动通信系统^[2]。“柔性指的是 SCADA 系统不再是点对点的固定路径通信,而是能实现网络中任意两个(或多个)节点间、在任意时刻的通信;通信结束后带宽还可以被释放,用于其他应用;两点间通信所使用的协议将在原有的 CDT 规约和 Polling 规约的基础上加入灵活的 IP 协议,理论上它可以承载任何类型的数据和业务。

柔性 SCADA 的特点是将现代通信网络的灵活性和多业务能力融入到电力系统运动中,弥补现有 SCADA 的不足,实现灵活的交互式通信网络,数据内容也不再限于四遥数据,原则上可以是任何远端需要的信息,可以是数据,也可以是图像,还可以是传统的话音。IP 技术则充分发挥和体现了智能终端在网络中的地位和作用,进一步实现了电力系统的分层分布协调与控制。

1.2 承载业务类型

柔性 SCADA 可以承载 3 类业务:数据、话音和图像^[3]。

1) 数据业务是柔性 SCADA 的核心成分,其提供的应用也最为丰富。电力系统中存在大量的运行、保护和监控元件,如能做到对这些元件的运行状况进行远程监控和管理,将使运行人员的工作任务减轻许多,系统工作的可靠性也会得到改善。数据业务包括传统的四遥数据,还有保护、录波等的动作信息和日常维护的一些必要信息。后者不同于四遥数据,这些信息是供运行人员和值班人员维护元件日常运行或有报警发生时查询元件状态用的,只有在触发或有远方调用时才需要占用带宽进行传输,平时这些数据不参与传送。

2) 话音业务是指变电站的调度用电话,这部分带宽也不必再通过载波或市话得到,完全可以在光纤网中传输。

3) 图像业务是指无人值班变电站的图像监控以及各种会议电视等多媒体业务。

SCADA 系统是 EMS 的信息平台,从某种意义上说,SCADA 系统所能提供的信息决定了 EMS 的

功能与发展。现有 SCADA 数据多数都是为稳态运行服务的,柔性 SCADA 的应用将为 EMS 提供比现在丰富得多的数据类型,从而在信息源层面上扩展了 EMS 的应用环境和分析水平,这是提高电网运行自动化水平的首要前提,是实现将来数字电力系统的基础准备。

2 柔性 SCADA 高速通信网的构建

2.1 广域互联方式

无论选择哪种广域网连接方式,ATM 或 SDH,都可以建设柔性 SCADA。柔性 SCADA 中的数据业务是核心部分,它所能提供的服务是最丰富、最有潜力的。其关键是利用广域网技术和 IP 技术^[4],将各变电站和调度通过 IP 网联系起来,使变电站和调度间有可以承载 IP 的网络交互数据,数据的传输载体是 IP 包。

IP 的承载是一个关键问题,目前几种较为常见的是 IP over SDH, IP over ATM^[5], IP over WDM。几种方式各有优缺点,综合看,IP over ATM 更适合在电力通信网中采用。因为 ATM 的多业务综合能力和良好的服务质量保证对于电力系统通信是很有吸引力的。但 ATM 的缺点是价钱昂贵,传输距离也受限制(40 km)。IP over SDH 技术较为成熟,优点是实现简单,传输容量大;但 SDH 在功能上对应于传输层,它没有交换层功能,还必须配以交换机、路由器等设备才能完成交换业务,可能会造成设备的浪费;IP over WDM 的优点是带宽资源,按照摩尔定律和当前光纤的容量,采用 DWDM 技术的单根光纤,其容量就几乎趋于无穷大,但推荐 IP over Optical 的距离最好不超过 70 km。

无论采用哪种方式承载 IP 业务,其目的都是一样的,即为我们提供灵活的端到端的通信能力。在第一步只能实现 IP 到变电站的条件下,应先将站中的数据有效加以组织、分类,面向应用进行信息共享规划。由于传统的四遥数据是通过 RTU 方式传送到调度的,这一部分可以占用单独的通道和调度端相连,因此这里只讨论四遥以外的数据以 IP 方式远传到调度的实现。

2.2 功能实现

一种连接拓扑关系如图 1(综合自动化站),具体功能如下:

1) 规约转换与统一。在变电站当地设置若干台计算机来负责变电站所有设备信息的就地收集与管理,并将其统一转化成标准的数据格式^[6],使之

符合 IEC 有关变电站自动化类数据的标准协议,又能在广域网中打包传输。

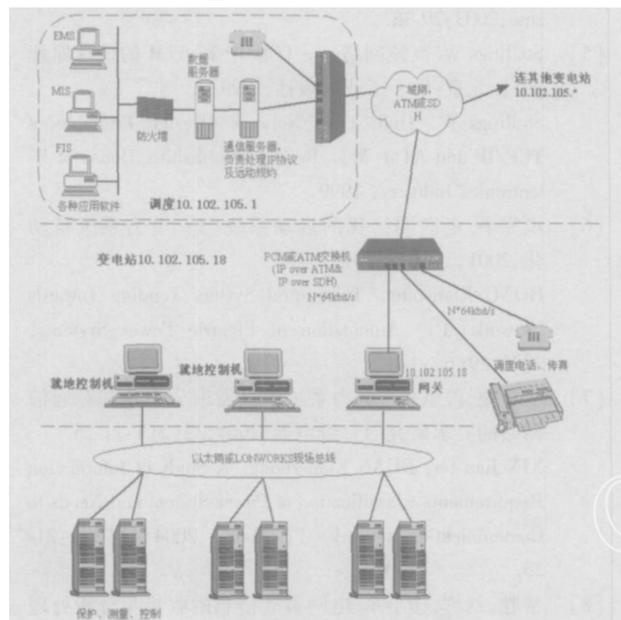


图 1 柔性 SCADA 的拓扑连接图

Fig 1 Topological connection of the flexible SCADA

2) 变电站处加装网关通信服务器。目前电力系统所能使用的 IP 地址有限,可能一个变电站只有一个或几个 IP 地址,不能完全实现 IP 到设备,而且考虑到现有保护、录波等装置所能提供的网络处理能力还比较有限,无法就地实现 TCP/IP 协议应付广域网的信息处理功能,因此在变电站端设置一台或几台计算机,作为变电站设备和广域网间进行通信的网关,并在网关处设置通信服务器,用于自动处理来自站内设备和广域网上其他节点的通信调用请求。

3) IP 业务的广域网承载。理论计算表明 SCADA 数据也完全可以采用 64 Kbit/s 数字接口、低速数据接口(如 V. 24/V. 28 等)或 PCM 音频 2W/4W 接口。

4) 在调度端设置管理主站。按照标准的数据格式收集和管理各子站的数据,存入相应数据库;开发通信服务器,向相应的应用软件提供通信服务。

5) 音频、图像等业务的综合接入。利用光纤所提供的丰富的带宽资源和各种通信技术所提供的多业务综合能力可以将音频、图像和数据等业务统一承载和管理。

每台电力系统的监控设备都将变成一个智能终端,具备主动的信息交互和处理的能力。“智能家

电”和“机顶盒”的嵌入式编程思路可以很好地应用于电力元件上,即在二次设备的芯片上嵌入各种实时或非实时的操作系统,在操作系统的基础上完成更为高级、复杂的通信、数据处理甚至多任务等功能。最典型的的就是可以利用电力信息网传输差动保护的远方信号,实现真正的全面保护,全程速断,无死区,无越级。理论计算和模拟实验都表明利用 64 Kbit/s 的音频数据接口传输差动保护的远方信号其实时性和可靠性都符合部颁标准。IP 到设备以后,每一个电力元件的控制设备还将能就地完成复杂的信息处理,如进行录波数据的就地分析,进行故障测距、定位、虚拟保护评价等,计算分析后将结果上送,不仅实现了并行、分布计算,还节省了网络带宽,缓解了故障时网络阻塞的问题。

3 基于柔性 SCADA 的故障信息系统

柔性 SCADA 可以提供丰富、灵活的通信类型,从而可以在其上建立利用 IP 技术、面向非连接的应用。当前的故障信息系统对于电力系统的故障数据的收集和维护既不能满足在线故障处理的需要,也不能做到很好的管理和维护。

故障信息系统要收集的数据主要包括如下几个方面^[7,8]:厂站所有保护的运行方式、整定值;所有录波器的数据记录;当有保护动作时,还包括动作的保护和录波数据。和四遥数据不同,保护类相关数据并不是时刻都要传送的,而是有调用时才向外传送。平时,这些数据都由变电站当地的计算机数据库来就地维护,实行分布式的存储。考虑到这些数据远传的特点,我们决定不让保护数据占用固定的带宽,而利用柔性 SCADA 提供的数据业务,采用 IP 来承载这些数据,完成非预定式的远传。

建立故障信息系统包括如下工作^[9]:

1) 由于现有各厂家生产的保护、录波器等产品使用的是各自不同的规约和数据格式,彼此间无法通信和互联,需要先将厂站的所有保护、录波等自动装置的数据格式加以统一,转化成统一有序的数据格式,并由当地故障信息系统的分站来统一收集和就地维护。文献[10]中的 CSEM2002 故障管理信息系统中包括了国内大部分厂家和部分常见国外厂家的数据格式,并将其统一转化为一种标准的数据格式,已经基本上具备了信息当地集中管理的功能。

2) 设置变电站设备和广域网间通信的网关机,将故障信息系统分站所收集的数据打包,在需要远传数据时以 IP 包的形式将数据远传,完成网络中各

节点间的数据通信功能。

3)在调度主站处的故障信息系统总站上,将各种保护、录波等装置的数据解包,分类存入相应的数据库,供调度的各种应用软件查询故障数据使用。并于该处设置通信服务器,应答本地通信服务请求:当本地有应用或进程需要远方保护等故障数据时,由该通信服务器负责代替应用或完成故障数据的远方采集;相应的,当远方有调用请求时,通信服务器负责将查询调用上呈给数据库或其他程序。

故障信息系统是对现有 EMS数据库的有益补充,对于提高电网运行水平尤其是故障处理水平具有非常重要的意义。

4 结论

电力信息网的建设为我们解决很多问题都提供了帮助,在高速信息网上可以将原有的 SCADA 通信系统改造升级为速度更高、可靠性更好、误码率更低,并且更加灵活的柔性 SCADA 系统,其中可以传送包括四遥在内的任何数据,并且实现网络中任意两个节点之间、任意时刻的灵活通信。强大的多业务综合使电力信息和电力调度统一管理,统一控制。基于柔性 SCADA 系统建立的故障管理信息系统,是对当前调度和现有 EMS功能的一个有益补充,大大提高了应付电网故障的能力和对故障的认识水平。不仅如此,未来网络所提供的 IP到设备将真正实现电力系统的分布、并行信息处理和控制,实现到数字电力系统跨越式的升级。

参考文献:

- [1] 于尔铿. 能量管理系统 [M]. 北京:科学出版社, 1998
YU Er-keng Energy Management System [M]. Beijing: Science Press, 1998
- [2] Seki T, Seki T, Tanaka T, et al Flexible Network Integrated Supervisory Control for Power Systems Based on Distributed Objects[A]. Electrical Engineering in Japan 2001.
- [3] 黄小莉. 面向 21 世纪的国家电力数据网络(上) [J]. 电力系统自动化, 1999, 23(22): 45-49.
HUANG Xiao-li 21th Century Oriented State Power Data Network [J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(22): 45-49.
- [4] McClanaban R H. SCADA and IP Is Network Convergence Really Here[J]. IEEE Industry Application Magazine, 2003: 29-36
- [5] Stallings W. 高速网络——TCP/IP和 ATM的设计原理 [M]. 北京:电子工业出版社, 1999.
Stallings W. High-speed Network—Design Principle of TCP/IP and ATM [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1999.
- [6] 洪宪平. 走向网络化的远动系统 [J]. 电力系统自动化, 2001, 29(6): 1-4.
HONG Xian-ping Telecontrol System Tending Towards Network [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 29(6): 1-4.
- [7] 辛建波,段献忠. 电力系统信息需求分类及其对通信网络的要求研究 [J]. 继电器, 2004, 32(21): 21-25.
XN Jian-bo, DUAN Xian-zhong A Study of Information Requirements Classification of Power System and Needs to Communication Network [J]. Relay, 2004, 32(21): 21-25.
- [8] 常胜,刘辉,桂小军. 电网事故信息的收集与分析处理 [J]. 继电器, 1999, 27(2): 43-45.
CHANG Sheng, LU Hui, GUI Xiao-jun Acquisition and Analysis Processing of Event Information of Power Network [J]. Relay, 1999, 27(2): 43-45.
- [9] 李阳春,王慧芳,郑金辉. 电力系统故障综合信息处理系统 [J]. 继电器, 2001, 29(5): 51-54.
LI Yang-chun, WANG Hui-fang, ZHENG Jin-hui Integrated Fault Information Processing System of Power System [J]. Relay, 2001, 29(5): 51-54.
- [10] CSEM2002故障管理信息系统使用说明书 1.0 北京四方继保自动化有限公司 [Z]. 2002.
CSEM200 User Statement of Fault Management Information System 1.0 Beijing Sifang Relay and Protection automation Co., Ltd [Z]. 2002.

收稿日期: 2006-05-31; 修回日期: 2006-07-24

作者简介:

杨海晶(1977-),男,博士研究生,研究方向为电力系统分析与智能控制; E-mail: yanghj@ncepu.edu.cn

杨以涵(1927-),男,教授,博导,研究方向为电力系统分析与控制,智能调度等;

杨宛辉(1943-),女,教授,研究方向为电力系统监视与控制。

A study on communication networks of power system flexible SCADA based on IP technology

YANG Hai-jing¹, YANG Yi-han¹, MA Qian¹, YANG Wan-hui², LU Wen-ying¹, NING Kang-hong³

(下转第 62 页 continued on page 62)

- 力通信信号检测 [J]. 电力系统自动化, 2003, 27 (20): 35-39.
- WU Bin, ZHAO Xue-zeng, TENG Zhi-jun. Detection of Power Frequency Communication Signal Based on Adaptive Notch Filter [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27 (20): 35-39.
- [8] 张有兵, 何海波, 吴昕, 等. 低压电力线载波通信信道模型的研究. [J]. 继电器, 2002, 30 (5): 20-24.
ZHANG You-bing, HE Hai-bo, WU Xin, et al. Model of the Channel for Low Voltage Power Line Carrier Communication [J]. Relay, 2002, 30 (5): 20-24.
- [9] Hooijen O G. A Channel Model for the Residential Power Circuit Used as a Digital Communication Medium [J]. IEEE Trans on Electromagnetic Compatibility, 1998, 40 (4): 333-336.
- [10] Vines R M, Truss H J, Gale L J, et al. Noise on Residential Power Distribution Circuits [J]. IEEE Trans on Electromagnetic Compatibility, 1984, 26 (4): 161-168.
- [11] Zimmernann M, Dostert K. The Low Voltage Power Distribution Network as Last Mile Access Network- Signal Propagation and Noise Scenario in the HF-Range [J]. AEU International Journal on Electronics and Communications, 2000, 54 (1): 13-22.
- [12] Huang N E, Zheng S, Steven R L, et al. The Empirical Mode Decomposition and the Hilbert Spectrum for Non-linear and Non-stationary Time Series Analysis [J]. Proceedings of the Royal Society A, 1998: 904-995.
- [13] 钱勇, 黄成军, 陈陈, 等. 基于经验模态分解的局部放电去噪方法 [J]. 电力系统自动化, 2005, 29 (12): 53-56.
QIAN Yong, HUANG Cheng-jun, CHEN Chen, et al. Denoising of Partial Discharge Based on Empirical Mode Decomposition [J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29 (12): 53-56.

收稿日期: 2006-04-03; 修回日期: 2006-07-26

作者简介:

罗卫华 (1977 -), 男, 博士研究生, 从事电力通信与信号检测方面的研究; E-mail: whluo2000@126.com

孙云莲 (1963 -), 女, 博士, 教授, 从事电力系统自动化与信号处理方面的研究。

Detection of power line communication signal based on empirical mode decomposition

LUO Wei-hua, SUN Yun-lian

(School of Electric Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Traditional ways of signal detection in power line communication don't meet high quality demand. This paper presents a novel method to gain communication signals from the power line which based on empirical mode decomposition (EMD). It firstly gains a set of the intrinsic mode function (IMF) by using EMD to decompose the voltage signals which had been acquired from the power line. Secondly, it seeks the IMF which has the maximum correlative coefficient and transcendental information of communication signals. The IMF is approximate to communication signals. Simulation results reveal that the proposed method of EMD can effectively decompose mixed signals and can precisely extract communication signals from power line communication.

Key words: power line communication; empirical mode decomposition; intrinsic mode function; signal detection

(上接第 52 页 continued from page 52)

(1. North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 2. School of Electric Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China; 3. Zhejiang Electric Power Design Institute, Hangzhou 310000, China)

Abstract: The newly constructed high-speed power information network has brought great changes to the past communication manners, and it has become the researchers' concern on how to effectively take advantage of the power information network to serve the power system operation and applications. Based on the high-speed power information network, this paper proposes a concept of flexible SCADA. The flexible SCADA is a flexible interactive information network based on the high-speed wide-area power information network, where the newly added bandwidth resources are fully utilized, the original telecontrol protocols are extended, the IP technology is applied in the power system communication, and the services of data, voice and image are integrated to upgrade and strengthen the current SCADA system. Based on the flexible SCADA, many new applications of the power system can be carried out, and this paper depicts the functions and structure of a fault information system. As a compensation and consummation to the functions of the present EMS, the fault information system can support more advanced applications, which is of extreme significance for the improvement of the grid levels of automation, operation and dispatch.

Key words: power system; high-speed communication network; IP technology; flexible SCADA; fault information system