

The Design & Implementation of Substation Integrated Automation System Based on Four Levels System Model

一种四层结构模型的变电站综合自动化系统设计与实现

蒋年德

(江西抚州东华理工学院信息工程系 344000)

王耀南

(长沙湖南大学电气与信息工程学院 410082)

魏育成

(北京中国科学院自动化研究所 100080)

摘要: 本文分析了变电站自动化系统典型结构, 然后参照 IEC(International Electrotechnical Commission)提出的三层标准结构, 提出了一种四层结构模型变电站综合自动化系统, 详细阐述了新型系统的设计目标、体系结构、实现方案和系统特点, 最后论述基于该模型的 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition)不同电力规约处理机制和系统实现的主要功能。

关键词: 变电站综合自动化系统 体系结构 SCADA LAN

1 引言

自动化技术近年来发展迅速, 计算机技术、信息技术、多媒体技术和智能控制技术等, 在电力系统自动化领域得到了广泛的应用, 给变电站的设计、安装、调试及运行、维护、管理等各个方面带来了一系列地变革, 变电站综合自动化系统取代或更新传统的变电站二次系统已成为目前电力系统主要的发展趋势之一。计算机技术、网络技术和数据库技术的发展使变电站信息综合管理成为可能, 以何种方式将计算机局域网(LAN)引入变电站综合自动化管理之中, 不同厂家给出了不同方案, 成为现在的一个研究热点。如文献[2]提出了在500KV变电站引入信息管理的一种方案, 但该方案价格昂贵, 技术复杂, 协调困难, 涉及到不同接口时需要进行通信协议的转换, 维护工作量较大。就如何引入 LAN 进行信息管理和处理电力通信规约转换这两个焦点问题, 作为一种新模式的尝试, 参照 IEC 提出的三层标准结构, 采用面向对象的分层分布式结构设计了一种新型四层结构模型变电站自动化系统, 提出在通信管理层中解决电力通信规约转换问题, 信息管理层中解决变电站信息综合管理的问题。

2 典型变电站自动化系统特点分析

变电站综合自动化系统体系结构从设计思想上划分有集中式、分布式、分散(层)分布式; 从安装物理位置上则有集中组屏、分层组屏和分散在一次设备间隔安装等形式。集中式的变电站系统结构按信息类型划分功能, 信息集中采集、处理和运算, 系统功能模块与硬件无关, 功能模块的连接通过模块化软件实现, 对监控主机性能

要求高, 但处理能力有限、开发手段少; 系统开放性、扩展性及维护性差, 抗干扰能力不强。分布式结构则按功能设计, 如按保护和监控等功能划分单元, 分布实施。采用主从 CPU 协同工作方式, 功能模块如智能电子设备 (IED-Intelligent Electronic Device) 之间采用网络技术或串行方式实现数据通信。它有助于系统扩展和维护, 可靠性好, 局部故障不影响系统其它模块正常运行, 在安装上可以形成集中组屏或分层组屏方式, 较适合于中低压变电所。分散(层)分布式结构采用“面向对象”设计。所谓面向对象, 就是面向电气一次回路设备或电气间隔设备, 间隔层中数据、采集、控制单元(I/O单元)和保护单元就地分散安装在开关柜上或其他一次设备附近, 相互间通过通信网络相连, 与监控主机通信。此系统结构特点是功能分散化, 管理集中化。

上述变电站自动化系统结构有一个共同的缺点: 因电力通信规约的不兼容, 当涉及到不同接口时需要进行通信规约间的转换, 这个问题使得系统在通用性、开放性方面性能较弱, 故其使用场合受到了较大的限制。为此引入一些新技术, 设计下述新型开放式变电站综合自动化系统。

3 基于四层结构模型的变电站综合自动化系统设计

3.1 设计目标

系统设计目标是要构建一个通用的、柔性的、开放的变电站综合自动化平台, 使其对下可以适应不同规约的智能电子设备, 对上可以与信息管理系统电力 MIS(Management Information System)、能量管理系统 EMS(Energy Manage-

ment System)、地理信息系统GIS(Geography Information System)、配电管理系统、集中抄表系统等能够无缝集成,以实现信息集成和功能集成。用开放式支撑平台的模式,能将供电企业多种应用系统集成为一体,从而实现管理综合化。

3.2 系统体系结构

系统参照IEC提出的三层标准结构,结合面向对象的分层分布式结构设计,将原有的过程层(Process Level)、间隔层(Bay Level)、站级层(Station Level)细化为过程层(Process Level)、二次设备控制层(Secondary Device Control Level)、通信管理层(Management Level)和信息管理层(Information Management Level)四层,重点提出在通信管理层中解决电力通信规约转换问题,信息管理层中解决变电站信息综合管理的问题。系

统功能主要体现在三个方面:①完成底层二次设备的控制智能化和数字化②完成变电站常规远动功能;③完成变电站的信息集中管理和监控。系统结构见图1。

3.2.1 生产过程层

生产过程层由变电站一次设备组成,是系统的最底层,引出现场一次设备如母线、馈线、主变的CT、PT出线,布置好各种开关柜位置,向二次设备层中对应的IED模块传输CT、PT变比的模拟信号,装置的开入、开出量等数据。

3.2.2 二次设备控制层

二次设备控制层则由各智能设备IED组成,完成对各自对象的控制和保护功能,按变电站不同二次设备,根据“面向对象”原则,设置十大类IED模块若干:线路保护、母线保护、高压线

路保护、主变保护,有载调压、无功补偿、脉冲电表、测量、PLC/RTU 配电和小电流接地选线等。不同IED模块设置不同的保护方式如主变保护主保护采用二次谐波制动的比率差动保护,并加入CT断线报警及闭锁和非电量保护的事件记录 and 延时,二次设备控制层负责采集现场生产信息,进行相应的处理计算之后,与保护设定值相比较,进行相关的保护动作,与通信管理层接口,由IED响应主站查询要求将生产数据组帧上送,并从通信管理层接收主站命令进行参数设置和遥控、遥调操作等。

3.2.3 通信管理层

通信管理层由连接 IED 设备的现场总线和作为通用网关的主/备前置机系统组成,是系统的通信枢纽,负责站内数据采集,连接站级计算

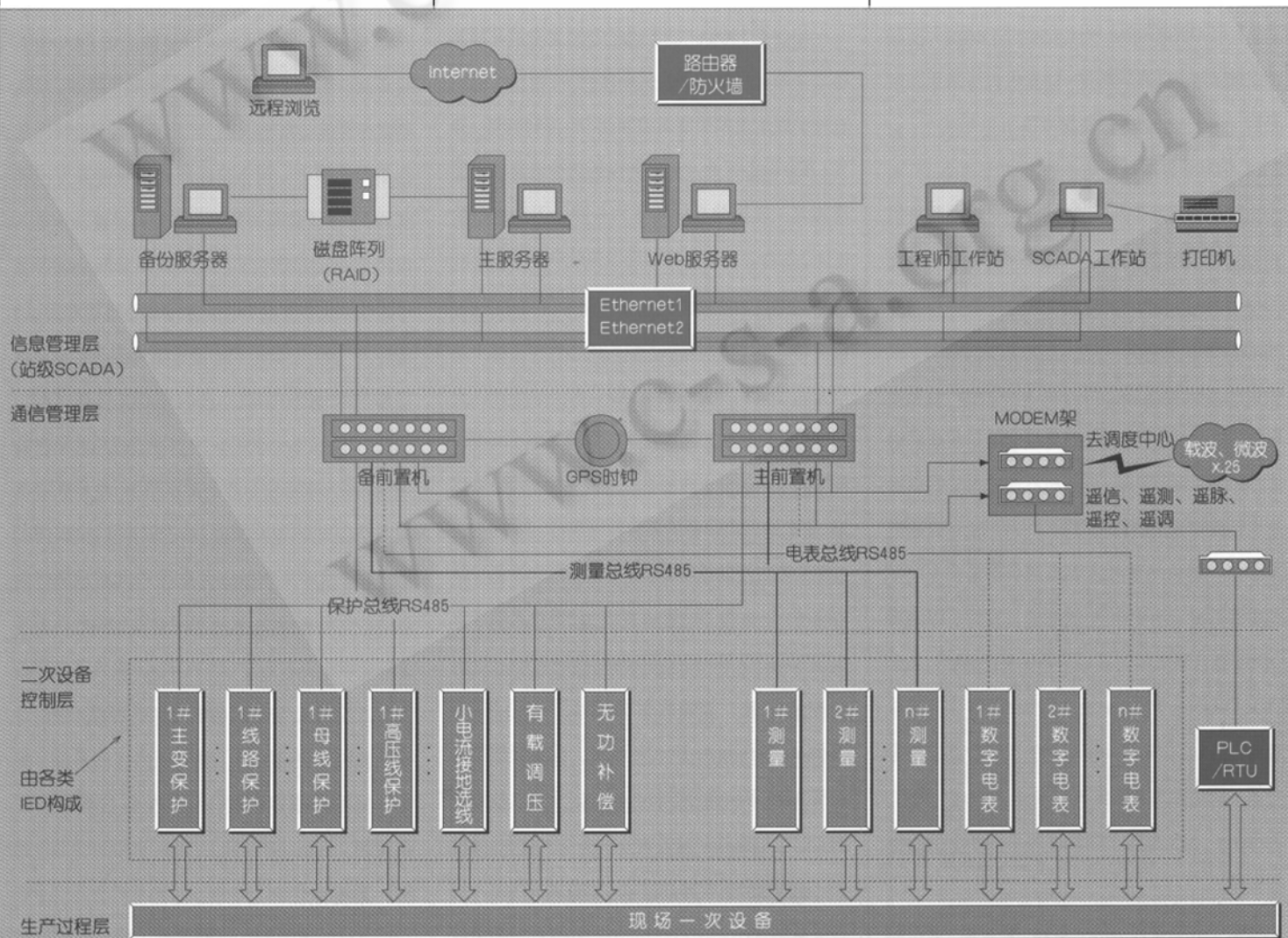


图1 基于四层模式系统结构

机、连接远动系统等,在这一层中融入了“柔性网关”的思想,预置多种电力规约以适应不同厂家的IED模块。此层将总线数据转换后送入网络监控层各节点的实时数据库,同时接收操作工作站的命令并转换成相应IED可识别的数据帧通过现场总线下发到二次设备控制层。

考虑到性价比,系统可采用RS485总线,半双工通讯方式。前置机中内插多串口卡,不同串口可接入不同规约类型的总线。前置机与各IED设备组成一主多从的主从轮询(Polling)式通信结构。前置机网关软件内置了多种规约以适应不同类型的IED设备。前置机采集底层IED的遥测、遥信和遥脉信息进行规约处理后,通过Socket套接口向全网发送,同时从套接口接收数据进行规约转换后向各IED设备下发遥控和遥调、整定、定时和复归命令。之外,前置机中还接有调度远动信号和GPS(Global Positioning System)天文时钟信号,为了提高可靠性,前置机也可采用冗余配置,主/备机互为热备份。

3.2.4 信息管理层

信息管理层是系统的最高层,可以采用单机或LAN实现,主要运行变电站SCADA/EMS(Supervisory Control and Data Acquisition/Energy Management System)系统,完成数据库管理、站级控制、人机接口等功能。现场设备生产数据由现场总线传送上来之后,在此层中被封装成实时库、参数库与历史库,以人机界面的形式提供给变电站操作人员进行相应操作,用户也可以通过Web浏览器访问变电站Web服务器查询变电站的实时数据与历史数据。其它应用软件可以采用ODBC结合SQL的方式或变电站RTDBMS(Real Time Database Management System)提供的标准接口、API函数来访问变电站的实时数据与历史数据。历史库与参数库可以选用Access、VFP、Paradox、MS SQL、Oracle等不同类型的数据库系统。

对于数据量较小的变电站,可采用“虚拟前置机”的单机控制方式。在此种方式中,信息管

理层只有一个工作节点,在其上同时运行前置机、服务器和维护、操作任务。如果系统信息管理层采用LAN实现,网络上则有主/备前置机节点、主/备服务器节点、Web服务器节点和若干操作与维护工作站组成。在LAN网上运行变电站综合自动化系统的核心--变电站SCADA系统,用户通过SCADA系统维护变电站各实时库、历史库和参数库,进行各种人机界面操作和远程访问,变电站实时库则按全分布方式配置,各相关工作站节点均保留相同结构的实时库。历史库和参数库则建立在主/备服务器上,设置廉价冗余磁盘阵列转储历史海量数据,主服务器上定制计划定期将所有数据转输到备份服务器中,万一在运行过程中主服务器发生故障,则备份服务器可以立即代替主服务器而投入工作。

3.3 系统工作原理

如上图1所示,二次设备控制层中的IED设备与生产过程中的一次设备接口,按相应的规约直接实现信息的采集与控制调节,进行存储、转发,IED设备可通过光纤或现场总线与通信管理层连接,实现信息的收集与分配,不同类型的IED设备在二次设备控制层中无信息交换而是利用不同的现场总线通过前置机这个网关来进行。通信管理层中的前置机系统同时接入了多种不同电力通信规约的总线设备,并且向上挂接在信息管理层网络上,是局域网中的重要节点,起着收集站内生产信息上传和下发管理层控制信息的作用。变电站二次设备的各种数据测量、事件记录、故障录波与控制等功能全部在二次设备控制中完成,不依赖于站级计算机。前置机系统中接入GPS对时信号和串行Modem以实现远动功能。此种情况下,前置机系统相当于一个RTU(Remote Terminate Unit)的功能。信息管理层中的SCADA系统通过参数数据的定义建立各节点的实时数据库并从前置机处获得实时数据,另由专门的线程分析实时数据库中的数据后再写入历史数据库,各工作站节点的历史数据查询则通过C/S模式从主/备服务器获取。如果需要远程浏

览,则可设置Web服务器,利用Modem与公用电话网拨号登录站内局域网,通过Web浏览器进行浏览和查询。此外,可在站内设置远程网桥,远程工作站通过远程网桥获取本地LAN信息等。在信息管理层中,基于所构建的网络,也可在其中置入变电站综合多媒体管理信息系统,通过专用网关和标准数据接口与SCADA系统交换生产信息。

3.4 电力规约处理

目前电力规约已逾千种,不同厂家的IED遵循的规约各不相同,为使系统能适应多种不同厂家电力规约的IED模块,因此引入了“广义软总线”概念和加入柔性网关思想,这样可以最大限度地集成各种典型规约,完成对不同IED的通信。所谓“广义软总线”是指不管采用何种现场总线类型,也不管采用何种通信方式(LAN、PPP、Point to point、SLIP-Serial Line Internet Protocol),只考虑总线上是采取何种方式传输数据帧,其帧格式是否能被系统识别。即不考虑硬件,只考虑抽象的帧模型。引入这个概念,可使开发出的SCADA系统具有通用性。另外,设置一个灵活规约转换口即柔性网关(Flexible Gateway),至于柔性网关的实现,我们是用动态链接库(DLL)实现的,即为不同规约的处理编写相应的动态链接库,如bbCDT.DLL、gbCDT.DLL、μr.DLL、DNP3.0.DLL等,到现场根据不同软总线平台的规约要求,选择相对应动态库即可。由于这些链接库对应用程序提供相同的访问函数接口,所以应用程序几乎不要做什么改动,这体现出软件的自适应性和鲁棒性,这种思想在微软的软件商品国际化中也得到应用,如VC++6.0提供了多种语言版本的DLL,安装时根据不同的语种选择相对应的DLL。图2给出了通过“广义软总线”和柔性网关的变电站综合自动化系统数据访问示意图。

3.5 系统特点

上述结构系统,可使实现的硬、软件做到模块化、通用化;其设计思想简明清晰、分工

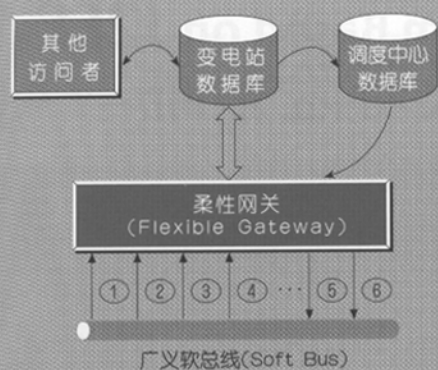


图2 变电站综合自动化系统数据访问

明确、网络信息交换合理；根据不同的类型变电站一次接线，完成不同的系统配置，是以IED智能设备和信息管理为核心的变电站二次回路整体优化设计方法。它要求整个系统各设备遵循IEEE、ISO、IEC等有关国际标准。二次设备控制层接入一个全开放式的总线网络，能使硬件的增减、更换方便，各节点的自治性加强、独立性增高；信息管理层中通过服务器、工程师工作站等计算机组成LAN，便于与其它网络系统互联。因此，整个系统的可靠性高、可维护性和开放性好。

我们可以基于这种四层结构模式，灵活配置各种自动化系统，满足不同类型变电站的需要。如针对信息管理层的网络操作系统不同，可选择NT网、Novell网、UNIX网，也可通过网关设备实现站内多网并存。针对信息管理层中的现场总线，可选择485/422口的MODBUS/RTU、CAN、LONWORKS、BITBUS、PROFIBUS等等。此外，二次设备控制层可选用基于单片机的专用保护设备，也可选择通用的PLC设备。

4 系统实现的主要功能

基于图1所示的结构，实现的系统由网络数据管理模块、人机界面模块、前置机通信模块、数据库管理模块、组态工具模块、图形文件转换模块、远程浏览模块七部分组成。

(1) 网络数据管理模块是整个系统的核心，主要完成网络通信和数据处理，创建面向各IED

对象的实时库，用于存储各IED设备的实时数据，其中包括对前置机数据的接收和处理，遥控遥调命令的下发及数据存盘等功能。

(2) 人机界面模块提供系统运行情况的监控界面，给用户一个实时数据的图形界面显示和提供一些操作功能。通过人机界面，可以监视系统的实时运行状况，如开关状态（开合），线路的有功、无功等，能对接线图、棒图、曲线图等进行浏览调用、报警及事件的浏览等。操作员工作站（工程师）节点中的此模块既可浏览，又可控制，同时具有报表、曲线打印功能；而在一般工作站，则只有浏览功能。

(3) 前置机通信模块负责对从RTU传来的数据进行接收和规约转换并发送主站的下行命令，通过现场总线采集现场一次设备的生产信息，根据不同IED类型将数据帧进行相应转换后传输至变电站各节点的实时数据库中。

(4) 数据库管理模块是数据库维护的工具，完成对系统基本参数和系统运行参数如遥测、通信、线路保护等进行设置、修改。

(5) 组态工具模块利用可视化的作图工具轻松绘制各种变电站一次接线图和不同类型的报表。如绘制系统图、厂站接线图、曲线图等并对它们进行定义，图符的状态根据表达式的值而定。所绘制定义的图形和报表文件按一定格式生成图形文件后，供人机界面模块调用显示。

(6) 图形文件转换模块在Web服务器上运行，主要将较大图形文件通过特殊的算法转化成成为适合在网上传输的小型图形文件。此模块主要

为远程浏览层服务。

(7) 远程浏览模块响应Web浏览器HTML中Java Applet的数据请求，为Web浏览器提供各种实时数据与历史数据，使用户通过远程拨号连接方式或者通过Internet利用浏览器来浏览变电站生产数据。

5 结束语

这个系统引入了广义软总线和柔性网关概念，其思想是在原有控制系统基础之上进行抽象，使变电站综合自动化系统不拘泥于何种现场总线形式，因而具有一定的开放性、通用性等，但也有它的不足，表现在柔性网关概念的具体化和Web访问的网络安全问题，具有智能网关特点的多种电力规约转换器和前置机功能模块化，软件化还需要在实际使用中进一步研制和改进。■

参考文献

- 1 王常力、廖道文，集散型控制系统的设计与应用，清华大学出版社，1993。
- 2 曹茂叶，500KV变电站自动化若干问题的探讨，电网技术，1998，22(8)。
- 3 周丽，35KV变电站综合自动化系统的研究，继电器，1998，26(2)。
- 4 周沿东，基于Intranet的新一代电力企业管理信息系统，电力系统自动化，1999，23(9)。