

继电保护故障信息系统的通信协议探讨

史志鸿, 刘伟, 廖泽友, 柳凤凤

(许继集团公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 介绍了继电保护及故障录波器信息处理系统的构成、任务及信息传输的特点、要求和相关的国际标准, 提出了故障信息系统的分站和子站的通信协议采用 IEC60870-5-103 和 FTP 组合的协议方案, 分析了该通信协议如何满足所传送信息的需要及与现有的电力数据通信网络中不同类型通道的结合方式; 接着介绍了子站系统内部采用以太网, 接入不同类型装置和录波器的方案, 提出了协议转换采用尽量下放到接近装置, 分散处理的原则; 也介绍了与现有的厂、站自动化系统的通信协调; 最后分析了故障信息系统兼容或采用 IEC61850 标准的问题。还介绍了本文所提的通信协议方案在湖南电网的应用情况。

关键词: 继电保护及故障录波器信息处理系统; 通信协议; IEC60870-5-103; COMTRADE; 以太网; 电力数据网

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2004)09-0040-05

0 引言

微型机保护、安全自动装置和故障录波器在电力系统中的广泛应用, 为通过数据通信方式传送保护及故障录波器信息提供了可能; 另外, 随着以光纤为媒介的新的通信产品的广泛应用, 电力系统的数据通信网获得了前所未有的快速建设和发展, 数据通信网的规模和容量大大增强。这些有利条件终于促使了电力部门为提高电网安全运行的信息化水平, 实现快速有效地处理电网故障、恢复系统正常运行, 而加紧建设电网继电保护及故障录波器信息处理系统。

电网继电保护及故障录波器信息处理系统通常由设在网(省、市)调度中心的主站或设在地区调度(或设备直管单位)的主站和若干个设在其所管辖的变电站、发电厂的子站, 通过电力系统的数据通信网络(或专线)连接而成(见图1)。故障信息系统的任务是收集管理电网中各运行厂、站中的保护装置、安全自动装置等涉及电网异常时动作的装置的动作信号、断路器的分合信号以及装置的运行异常信号、微机保护装置和故障录波器的故障录波数据和故障报告、保护的定值等, 以及对这些数据、信号的综合、统计、计算和分析等, 实现继电保护运行、管理和电网故障处理的网络信息化、智能化, 达到为调度员安全、准确、迅速处理电网事故提供信息支持与决策参谋; 为继保人员对保护、安全自动装置及故障录波器的动作行为分析和现代化运行管理提供必要的支持这两个目的。

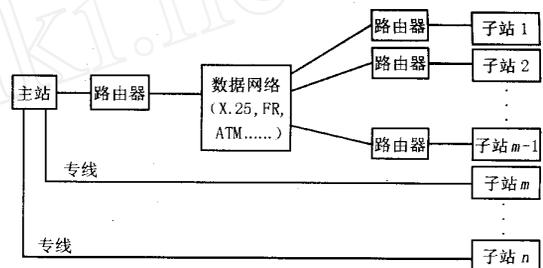


图1 故障信息系统结构图

Fig. 1 Structure of fault information system

鉴于故障信息系统的信息传输任务的重要性和必须面对不同厂家、不同类型的设备和各种不同的通信条件, 故障信息系统的建设规划和产品研发中的一个非常核心的任务应是该系统的通信协议的研究。如何使通信协议充分满足所传送的不同类型的数据信息的需要, 如何更好地与现有的电力通信网络中不同类型的通信通道结合, 与现有的厂、站自动化系统协调是一系列重要的问题; 另外, 通信协议应尽量采用相关的标准, 制定目前情况下较为合理的协议并结合对未来电力系统通信协议标准发展方向的考虑。本文在这几个方面结合许继的继电保护故障信息系统产品开发与工程应用, 介绍了在这方面所作的一些探讨。

1 故障信息系统的信息传输要求

故障信息系统的信息来源为安装在电网中各运行厂、站的保护装置、安全自动装置和故障录波器。信息中包含有状态(动作、告警)信息和大数据量的

故障录波数据,以及数据量较大的保护故障报告、保护的定值等;从信息要求的传送速度上分,有要求快速主动上送的,也有速度要求不高的召唤调用的。因此,要求装置可预先设定主动上送到主站的跳闸信息、二次设备的异常报警信息及以优先级别有序上送的传送方式和优先顺序。对于保护的详细故障报告、保护的定值、大数据量的故障录波数据等,采用级别较低的召唤调用上送;为了提高其通信效率,降低网络通道干扰的影响,要求能支持断点续传功能。

通信协议应该使用国际标准协议,以利于系统的互操作性和实现无缝通信的要求。为此,文献[3]要求“在满足功能要求的前提下,优先选用 IEC870-5-103 规约”,“应向 61850 规约为目标,以实现真正的无缝通信”。

鉴于目前不同厂家、不同时期生产的不同类型的装置的通信协议、信息内容和格式均不相同,要求子站系统将收集到的厂站的不同类型装置的信息,在完成格式转换后,采用统一的通信协议和数据格式送给主站。此外,子站对大量来自装置的数据信息经规约转换后,还要具有过滤处理能力,遵守预先设定的主动上送到主站的优先顺序传输原则,保证不同类型数据间的优先、有序上送。

2 相关国际标准介绍

由于故障信息系统所传送的信息为保护装置、安全自动装置的动作信号,断路器的分合信号以及它们的运行异常信号,微机保护装置和故障录波器的故障录波数据和故障报告、保护的定值等。目前与这些信息相关的,应用已较多的国际标准主要有 IEC60870-5-103 继电保护设备信息接口配套标准^[1,2]、IEC60255-24 电力系统暂态数据交换 (COMTRADE) 公用格式^[6] (即等同 ANSI/IEEE C37.111-1991 COMTRADE 暂态数据交换通用格式)。以后,IEC61850 变电站通信网络系统国际标准也会逐步在变电站自动化系统中应用,不过,目前其实际应用还很少。

3 故障信息系统的主站和子站系统的通信协议

3.1 故障录波数据的通信协议

故障信息系统的故障录波数据主要是数字式故障录波器记录的电网故障前后的模拟量和开关量数

据,以及记录高频保护通道的直流量和开关量数据。由于微机保护装置的出现及其内存容量的日益增大,许多保护装置也能够记录保护动作前后的有关模拟量和开关量数据,这些数据对于分析电网故障时,该保护装置的動作行为的正确性同样具有非常重要的价值。所以,故障信息系统的故障录波数据还应包括微机保护装置所记录的电网故障前后的模拟量和开关量数据。

这部分数据的特点是信息量大,为了数据分析时的交换方便,要求按照 COMTRADE 暂态数据交换通用格式,以文件方式存储^[3,4]。因而故障信息系统主站和子站的故障录波数据存储格式均采用 COMTRADE 暂态数据交换通用文件格式。故障录波数据部分的通信协议,原则上可采用传送 COMTRADE 格式文件的方式。为了更好地实现通信标准化,提高通信的可靠性和互操作性,建议在数据网络连接方式下的提供虚电路的主站和子站之间采用 FTP 文件传输协议 (File Transfer Protocol)。

FTP 文件传输协议的任务是从一台计算机将文件传送到另一台计算机,它与这两台计算机所处的位置、联系的方式、以及所使用的操作系统无关。FTP 已是一个广泛用于 Internet 的文件传输协议标准。它属于 TCP/IP 协议族,是一种稳定、可靠、成熟的文件传输协议,既可以主动发送(上传)单/多个文件,也可下载单/多个文件,很容易支持断点续传、文件目录服务等,它完全适合于故障信息系统的故障录波数据文件的传送。另外,现已有丰富的 FTP 软件支持这一协议,它能给故障信息系统的研发者和使用者带来不少方便。现有的操作系统如 Windows、UNIX 和大部分浏览器,如 IE、Netscape 也均支持 FTP 协议。支持 FTP 协议的工具软件也在不断更新,功能不断增强,界面更为友好。

由于故障录波数据的信息量大,主站常常采用召唤的方式^[3,4]。主站可根据此录波数据的文件列表中的文件名,采用 FTP 下载方式,召唤子站中故障录波文件。FTP 文件传输协议支持的文件断点续传也能使故障录波文件传输的效率提高。

3.2 非故障录波数据的通信协议

鉴于越来越多的保护装置已采用了 IEC60870-5-103 继电保护设备信息接口配套标准,此标准也是继电保护设备信息通信协议的发展方向,因而我们认为故障信息系统的主站和子站系统的通信协议的

主体,采用 IEC60870-5-103 通信协议标准比较合适。它能非常方便地传送除故障录波数据之外的保护装置、安全自动装置的动作信号,断路器的分合信号以及它们的运行异常信号和故障报告、保护的定值等。能满足向主站主动传送及调用故障信息的要求,能够满足按用户需要设定不同类型数据,采用不同优先级有序传送的要求。而且由于子站系统中的继电保护工程师站(或保护管理机)最大限度地保护装置的 IEC60870-5-103 通信协议与故障信息系统的主站、子站系统间的通信协议协调一致,简化了子站系统中的继电保护工程师站将保护装置的数据转送给故障信息系统主站的处理。从上述不难看出,它也能与 FTP 文件传输协议有机地结合起来。

IEC60870-5-103 通信协议标准也是文献[3]优先推荐采用的标准。

3.3 不同通信通道、网络类型和通信协议网络层的考虑

在实际的故障信息系统中,由于有不同地域的子站,各自的通信通道有可能会不一样。文献[3]提到了通信通道可以采用专线方式或数据网方式。实际中的通信通道物理层可能为微波、载波、光纤、专线、无线等多种数据通信通道,在通信接口的连接中必须按实际中的通道进行配置。

IEC60870-5-103 通信协议标准的链路层协议所采用 FT1.2 帧格式及其链路传输规则,只能适合于无连接方式、具有永久连接电路的 RS-485(光纤)专线数据通道,通常其速度为 9.6 Kbps 或 19.2 Kbps。它对于提供虚电路的数据网络、拨号电话网以及高速的、支持 TCP/IP 接口的专线数据通道不太适合。

TCP/IP 协议标准除了用在以太网和 Internet 外,在 TCP/IP 框架内,还可以运用不同的数据网络类型,包括 X25、FR(帧中继)、ATM(异步传输模式)和 ISDN(综合服务数据网络);也包括光纤(OPGW, ADSS)、微波、电话网络中的 MODEM、无线卫星通道;包括波分复用(WDM, DWDM)、数字体系(PDH, SDH);也可包括可以面向连接的(租用)专线。在我国的电力数据网络 SPDnet 中的不同类型的网络,几乎都在以上所列的网络类型之中,大部分路由器为 X25 或 X25DDN 型,通信线路的速率也从 384 K 到 2 M、8 M、16 x 2 M、155 M 不等。因此,不难看出采用 TCP/IP 协议标准最适合于我国的电力数据网络 SPDnet。

鉴于数据网络的快速发展,IEC60870-5-104 标

准已为远动设备通过网络访问 IEC60870-5-101 协议数据集制定了将 IEC60870-5-101 协议所定义的 ASDU 与 TCP/IP 相结合的网络访问标准^[7]。这在故障信息系统的主站和子站间采用的 IEC60870-5-103 通信协议标准提供了很好的支持和借鉴。IEC60870-5-104 标准中 ASDU 与 TCP/IP 相结合的方式,不局限于 IEC60870-5-101 协议所定义的 ASDU。根据相同的定义,不同的 ASDU,包括 IEC60870-5 全部配套标准(例如 IEC60870-5-102、103)所定义的 ASDU,都可以与 TCP/IP 相结合。

由于故障信息系统要传送象故障录波数据这样信息量大的数据文件,加上现在的电力数据网络发展的水平不断提高,故障信息系统的数据通道虽然在物理形式上还会存在有专线、拨号电话网或数据网方式之分,但在数据网络传输上都应做到支持 TCP/IP 接口才行。考虑到电力数据网建设现状,很多省的故障信息系统的数据网络都采用数据网为主、拨号为辅的数据传输方式。例如湖南省电网^[4]的故障信息系统的数据网络采用数据网为主,在暂时没有实现数据网连接的地方(或者是作为数据网失败时的备用通道),采用拨号电话网,并逐步过渡到完全采用数据网。浙江省电网^[8]的故障信息系统的数据网络采用数据网为主、拨号为辅的数据传输方式,行政交换网拨号方式为降低需求的后备方式。

在这种情况下,故障信息系统的主站和子站间的通信协议,仅采用了 IEC60870-5-103 标准所定义的 ASDU。其中的链路层协议,没有采用 IEC60870-5-103 通信协议标准,而是采用 IEC60870-5-104 标准中的 ASPU 与 TCP/IP 相结合的方式。

另外可以看出,采用 TCP/IP 方式后,IEC 60870-5-103 所定义的 ASDU 和故障录波数据部分的 COMTRADE 格式文件,在通信协议上也做到了有机地组合。

4 故障信息系统的子站系统的通信协议

4.1 子站系统内部的通信协议

位于厂站的子站系统的结构如图 2 所示。子站是子站系统中的保护工程师站,通过以太网与厂站中的各个保护装置(安全自动化装置)、故障录波器和接口装置连接。考虑到厂站内常常存在有不同厂家、不同安装时间、不同型号的装置,其通信协议和接口方式均不一样,在系统中有新设计的、可直接上

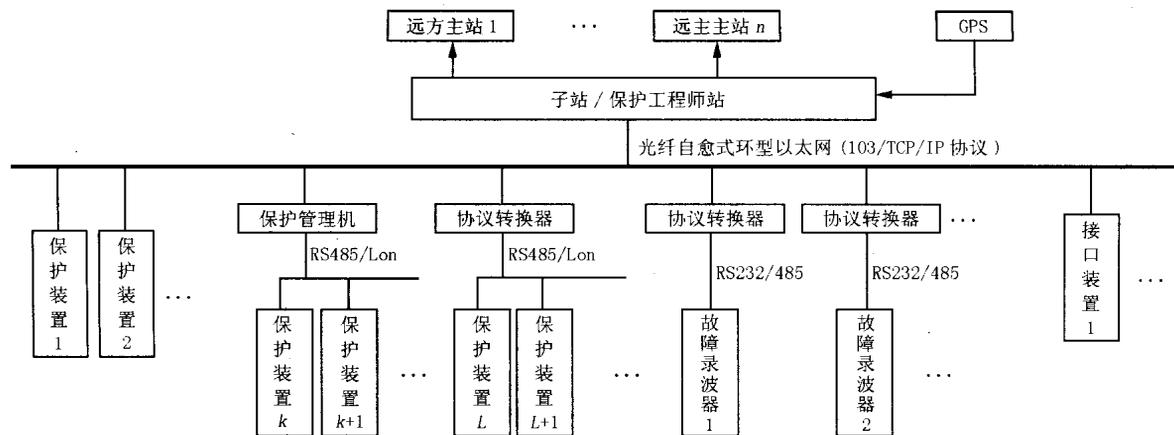


图2 子站系统结构图

Fig. 2 Sub-system diagram

以太网的装置,也有已由保护管理机集中转换后,接入以太网的装置,还有经协议转换器接入以太网的装置和故障录波器。因此协议转换的方式采用尽量下放到接近装置,分散处理的原则。这样,在以太网上就已经统一为 IEC60870-5-103/TCP/IP 协议,避免规约转换集中到保护工程师站处理,以充分利用分布式处理的灵活性和简化单个协议转换中的复杂度和处理量,更好地满足系统的开放性和提高协议标准化程度的要求。在装置层次,仍可保留各自不同的通信协议。协议转换器可设计各种装置的通信接口和协议。

保护工程师站收集处理子系统内各装置的信息,同时负责与远方调度端的主站通信,转发经过过滤整理后的保护、故障录波数据。由于子站系统的 IEC60870-5-103/TCP/IP 协议和远方协议非常接近,转换工作量大大减少。

子站系统的 IEC60870-5-103/TCP/IP 协议中的故障录波数据采用 IEC60870-5-103 标准中的扰动数据通信格式。保护工程师站负责收集转化成 COMTRADE 格式文件。这样做更符合保护装置使用的 IEC60870-5-103 通信接口标准的要求,也很好地满足了保护工程师站的故障录波数据存储和数据分析交换时的复制要求。

4.2 子站系统与厂、站自动化系统的通信

子站系统与厂、站自动化系统的通信网彼此独立地采集数据信息。因此,不需要工程师站转发保护等装置的监视信息数据给厂、站自动化系统的监控、远动主站,减轻了工程师站的处理量,同时提高了厂、站自动化系统的通信可靠性。即使是在子站

系统与厂、站自动化系统公用同一个以太网时,它们也仅仅是网络物理层公用,子站系统与厂、站自动化系统的通信仍保持逻辑上的彼此独立。厂、站自动化系统的通信协议采用与 IEC60870-5-103/TCP/IP 协议无关的 IEC60870-5-104 协议。

5 故障信息系统使用 IEC61850 标准的看法

考虑到 IEC61850 标准只是一个变电站内协议,而故障信息系统仅是处理与保护有关的信息,因此,设计故障信息系统的主站与子站间的通信协议,采用 IEC60870-5-103 标准较为合理和便于应用。而站内子系统目前采用 IEC60870-5-103 标准较为合理,将来可以考虑结合 IEC61850 标准(目前采用 IEC61850 标准的变电站还很少)。未来变电站内必定会推广 IEC61850 标准。

6 实际应用情况介绍

本节简要介绍一下许继电气公司的故障信息系统在湖南省电网的一些实际应用情况。

湖南省电网为故障信息系统专门提供的通信通道总共有 3 类: 2 M 通信通道; 64 K 通信通道; 4 路电话通道。

类信道中,主站和多个子站通过 2 M 或 64 K 通道网络互连,这两类通道采用光纤/微波网络,为系统的主(高速)通道。类信道为系统的(低速)备用通道(前期建设中也是子站 $M+1$ ~ 子站 N 的唯一通道),系统的主站端共设有 4 路电话的拨号服务器,通过电话交换网与若干个子站相连,每个子站可拨 4 路电话中的任何一部电话与主站通信,最

多时为4个子站分别通过4路电话与主站同时通信。主站也可通过拨4路电话中的任何一部电话与子站通信。当子站有数据或主站有命令(数据)时,子站或主站主动拨号。未来通信网络建设全部完成后,所有的子站全部连在主(高速)通道上,在主通道失败时,均可以自动切换到备用(低速)通道上。不管是光纤网络的高速通道,还是备用低速通道,子站与主站间的通信均采用TCP/IP协议。通信过程中报文错或丢失时的TCP连接控制方式,严格按IEC60870-5-104协议标准执行。

实践证明实际效果达到了预先设计的要求。

7 结束语

故障信息系统的通信协议是故障信息系统的研发设计和实际应用中的核心之一,也是最主要的工作之一,具有很大的意义。目前,故障信息系统的通信协议的研究工作开展还不够,积累的经验也还不多。

由于故障录波数据在子站和主站的存储和交换的需要,子站与主站之间的故障录波数据的传送,采用COMTRADE格式文件传送,较为方便。

由于故障信息系统所传送的信息数据都是电网异常时动作的装置的信息,可归结到保护信息和故障录波数据/文件,故障信息系统的通信协议总体采用IEC60870-5-103标准协议较为合理。也容易与采用IEC60870-5-103协议标准保护装置相协调。今后的录波器也可以采用IEC60870-5-103协议标准中扰动数据格式传送方式,这样会更容易与保护装置集成到一个故障信息系统中。

面对形式多样的数据通道,采用TCP/IP协议作为网络层协议,较为容易统一和实现,在实现IEC60870-5-103/TCP/IP协议时,采用IEC60870-5-104标准中的结合方式,是一种很好的方式。

采用TCP/IP协议族中的FTP协议,传送COMTRADE格式文件较方便。

采用标准实现的通信协议具有通信可靠、易于实现互操作性等优点。所以,本文提出的方案中所采用的所有的协议部分都来自于相关的标准。

故障信息系统的子站与主站间的通信协议,采用IEC60870-5-103标准较为合理和便于应用。而站内子系统目前采用IEC60870-5-103标准较为合理,

将来考虑结合IEC61850标准则更合适。

子站系统中的协议转换的方式采用尽量下放到接近装置,分散处理的原则,有利于充分利用分布式处理的灵活性和简化单个协议转换中的复杂度和处理量,更好地满足系统的开放性和提高整个系统的通信协议的标准化程度的要求。

经过实际应用检验,故障信息系统的通信协议总体采用IEC60870-5-103/TCP/IP协议标准,组合FTP协议,传送COMTRADE格式的故障录波数据文件较为合理。

参考文献:

- [1] IEC 60870-5-103, Transmission Protocols—Companion Standard for Informative Interface of Protection Equipment[S].
- [2] DL/T 667-1999 idt IEC 60870-5-103, 电力行业标准(Standard for Power Industry) [S].
- [3] 中国电机工程学会继电保护运行技术分专委会(The Relay Protection Branch of China IEEE Committee). 继电保护及故障录波器信息处理系统技术规范(The Specification of Relay Protection and Fault Record Information System) [S].
- [4] IEC60255-24, 电力系统暂态数据交换(COMTRADE)公用格式(Format for Transient Data Exchange in Power System) [S].
- [5] IEC 60870-5-104, Transmission Protocols—Network Access for IEC 60870-5-101 Using Standard Transport Profiles[S].
- [6] 张劲,章坚民,朱炳铨,等(ZHANG Jin, ZHANG Jian-min, ZHU Bing-quan, et al). 220 kV 继电保护故障信息处理系统的设计(Design of 220 kV Relay Protection and Fault Information System) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2003, 27(11):61-64.

收稿日期: 2003-08-26

作者简介:

史志鸿(1967-),男,本科,工程师,从事电力系统自动化产品的研发工作;

刘伟(1974-),男,本科,助理工程师,从事变电站自动化系统等产品销售工作;

廖泽友(1964-),男,博士,高级工程师,从事变电站自动化系统等产品研发工作;

柳凤凤(1975-),男,硕士,从事变电站自动化系统等产品研发工作。

(下转第56页 continued on page 56)

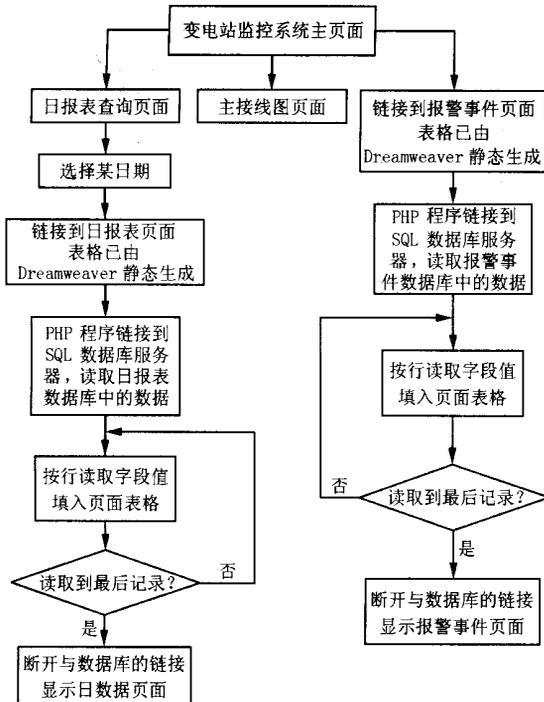


图 6 网页程序流程图

Fig. 6 Procedure of Web page

行监察和控制。用户可在网络所及的任何地方对

装置的运行数据进行收集。综上所述,此监控系统利用网络技术,有效地实现了变电站在网络上的数据共享。

参考文献:

- [1] Tobias R, Till G. PHP4.0 Web 开发技术指南 (PHP4.0 Web Developing Technology Guide) [M]. 北京:机械工业出版社 (Beijing: China Machine Press), 2001.
- [2] 钟伟财 (ZHONG Weir-cai). PHP 与 SQL Server 2000 (PHP and SQL Server 2000) [M]. 北京:中国铁道出版社 (Beijing: China Railroad Press), 2001.
- [3] 周家地, 肖小清 (ZHOU Jiardi, XIAO Xiaqing). Dreamweaver MX 入门与提高 (Dreamweaver MX Primer and Advancement) [M]. 北京:清华大学出版社 (Beijing: Tsinghua University Press), 2002.

收稿日期: 2003-08-14; 修回日期: 2003-09-28

作者简介:

孙丹 (1978 -), 女, 硕士研究生, 主要从事变电站自动化站级监控系统的研究;

胡敏强 (1961 -), 男, 教授, 博导, 主要从事工程电磁场计算, 电气主设备状态监测与故障诊断等方面的研究工作;

王振曦 (1978 -), 男, 硕士研究生, 主要从事变电站自动化系统的研究。

Design of monitoring and control software in substation automation system based on PHP

SUN Dan, HU Minqiang, WANG Zhenxi

(Department of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: With the development of NET technology, substation automation system is subjected to its domain gradually. Associated with engineering applications, the paper expounds the monitoring and control system applying Browser/Server architecture. The system employs advanced dynamic Web page technology of PHP (Hypertext Preprocessor) and adopts ODBC to access SQL Server database. The system can be used conveniently, and implements data sharing of substation automation system effectively.

Key words: substation automation; monitoring and control system; PHP; Web Server; database

(上接第 44 页 continued from page 44)

Application of IEC 60870-5-103 and IEC 60870-5-104 transmission protocols in substation automation

SHI Zhi-hong, LIU Wei, LIAO Ze-you, LIU Feng-su

(XI Group Corporation, Xuchang 461000, China)

Abstract: This paper presents the constitute scheme of IEC 60870-5-103 and FTP, after analyzing system architecture of relay protection and fault record MIS, its task, message transmission characteristic, requirement, and relevant standards. It analyses the way of the proposed scheme meeting the need of message transmission and the assemblage mode with many different types of channels in SPD net. And the principle of protocol translation according to approaching each device and processing separately is put forward, and the coordination of transmission in the sub-system and power plant or substation automation is introduced. The status of IEC61850 employing in relay protection and fault record MIS, and the application of the scheme in a project are related.

Key words: relay protection and fault record MIS; transmission protocols; IEC 60870-5-103; COMTRADE; Ethernet; SPD net