

# 城市配电所远程集中监控的技术探讨

郑瑞晨, 阎东升, 张福刚, 李合民

(河南洛阳供电公司, 河南 洛阳 471009)

**摘要:** 针对城市配电网中配电所设备如何实施远程集中监控问题, 提出利用 GPRS/CDMA1x 网络传输的技术方案, 按照两层结构设计, 规划中心系统层和站所代理层。研发了 GPRS 无线 FTU, 并构建了基于 WinCC6.0 组态的监控试验平台。分析了窄带宽传输和远程轮询的优化问题, 确保了告警实时上报, 实现了对配电所电力设备的实时掌控, 提高配电运行维护能力。

**关键词:** 配电所; 远程集中监控; GPRS/CDMA1x; SCADA; FTU

## Research on remote centralized monitoring technology in urban distribution substation

ZHENG Rui-chen, YAN Dong-sheng, ZHANG Fu-gang, LI He-min

(Luoyang Power Supply Company, Luoyang 471009, China)

**Abstract:** Aiming at the implement of remote centralized monitoring in urban distribution network, a technical scheme using GPRS/CDMA1x network transmission is proposed. The center system layer and the station agent layer are planned in accordance with a two-tier structure design. The GPRS wireless FTU is researched and developed, as well as the monitoring testing platform based on WinCC6.0 configuration is constructed. The optimization problem of narrow-bandwidth transmission and remote polling is analyzed to ensure real-time alarm reporting, therefore the real-time control over power equipment in distribution substation is realized and the operational maintenance capability of distribution network is improved.

**Key words:** distribution station; remote centralized monitoring; GPRS/CDMA1x; SCADA; FTU

中图分类号: TM734 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)06-0126-03

## 0 引言

洛阳城市配电网目前为 10 kV 网架结构, 包含: 架空线路、电缆线路、配电所、环网柜、配变等主要设备。作为城市配电网重要组成部分的配电所, 已有 70 余座, 形成“手拉手”环网结构, 分布于城市各区域的重要部位, 担负着配、送、备的重要角色, 其安全可靠运行对城市配电网的稳定起着举足轻重的作用。

随着经济社会的快速发展, 信息化对供电的可靠性要求越来越高, 促使配电所的运行维护工作必须跟上时代发展的要求。由于市区 10 kV 配电所点多面广, 地理位置复杂, 设备处于自然运行状态, 无监控, 无值班。运行维护质量无法保证。因此, 对配电所设备运行状态实施远程集中监控势在必行, 同时也为今后的配电网自动化建设提供一个基础支撑。

本文提出利用 GPRS/CDMA1x 网络, 对配电所设备实施远程集中监控的技术方案。经实验验证, 是可行的。此系统具有简单实用、运行稳定、维护

量小、运行费用低、解决实际问题等优点。

## 1 现状分析

随着我国经济社会的不断发展, 城市的不断扩张, 城市现代建设得到了迅猛发展。高层建筑、大型商业中心、会展中心、多功能社区、现代商务群等的不断涌现, 城市供电负荷密度急剧增加, 致使投资小、供电可靠性高、维护方便, 配、送、备功能齐全的配电所区域供电优势得到了充分体现。因此, 城市配电网得到了快速发展, 洛阳市配电所每年增加在 20% 左右。形成了城市配电网网架的支撑点。“手拉手”环网供电模式的建立满足了 N-1 供电的可靠性要求<sup>[1]</sup>。目前, 洛阳城市配电网供电模式为: 手拉手环网供电, 开环运行方式。

由于配电所建设的特殊性, 以及容量的局限性, 决定了其点多面广、设置分散、地理位置复杂的特点。给供电部门的运行维护工作造成了极大的不便。也给配电所远程集中监控的实施增加诸多难点。首先是通信网络建设存在的困难, 通道复杂。点多面广, 投资大。其次是通信网络的运行维护也存在困

难。人员、设备运行维护费用高。投入产出不成比例, 决定了配电所远程集中监控迟迟无法实施。造成当前配电所只靠人工巡视来检查设备运行状况的局面。设备异常难以及时发现, 事故处理行动滞后的结果。给供电可靠性带来严重的影响。配电所供电可靠性完全依赖于设备的可靠程度和安全自动装置配置等硬件设施来保证。造成配电所的运行维护不到位, 有时还保证不了事故处理 45 min (国网公司《供电服务“十项承诺”》) 到达现场的承诺要求。为了进一步提高配电所的运行管理水平, 针对目前存在的弊病, 有必要对配电所设备的运行状态实施远程集中监控。

鉴于此, 我们提出采用无线公用通信网线路, 来解决配电所远程监控无法实施的问题, 是一个有效途径。尤其是现在比较成熟的 GPRS 或 CDMA1x 网络。可以达到设计简单、组网方便、覆盖全面、建设周期短、收效快, 可迅速投入使用。大大降低了本部门建设维护通信网络的一次性成本。GPRS/CDMA1x 网络很适合低速数据传输, 尤其在城市区域, 网络覆盖良好, 通信质量有保证, 可以很好地满足配电所远程监控的数据传输业务。

## 2 总体功能框架

综合微机保护装置的普遍应用和 GPRS/CDMA1x 网络的稳定运行为远程集中监控系统的实施提供了基本条件。

配电所的远程集中监控系统的设计坚持以下几个建设原则:

- 1) 简单实用、安全可靠、易于维护;
- 2) 充分利用现有设备功能, 适当扩充, 不搞重复投资;
- 3) 对监控参量要依据现有设备的功能特点;
- 4) 实现基本的遥测、遥信和遥控功能;
- 5) 具备二次扩展功能。

按照以上原则, 对配电所的远程集中监控提出以下功能框架规划<sup>[2-3]</sup>。系统按照两层结构设计, 分为中心系统层和站所代理层, 不设子站。中心系统负责全区所有配电所的监控功能, 站所代理层负责对一个配电所所有电气间隔单元的监控, 以及对中心系统的联络和信息转发。配电所的 FTU 功能由在线运行的微机保护装置提供。具体规划如下:

中心系统层:

- \* 数据采集通信服务器;
- \* 商业数据库服务器;
- \* 系统配置管理系统;
- \* 数据采集和监视系统 SCADA。

站所代理层:

- \* GPRS 数据通信单元;
- \* 数据采集和控制单元 (FTU);
- \* 协议代理单元。

监控参量:

- \* 断路器开关位置: 合位、跳位;
- \* 电压电流:  $I_a$ 、 $I_c$ 、 $U_a$ 、 $U_c$ 、 $U_{ab}$ 、 $U_{bc}$ ;
- \* 有功无功:  $P$ 、 $Q$ 、 $\cos \phi$ ;
- \* PT 回路运行状态: 正常、异常状态;
- \* 控制回路状态: 正常、异常状态;
- \* 保护动作情况: 过流、速断、过负荷、低频减载、重合闸等告警信号。

系统功能:

- \* 显示和查阅各配电所运行图;
- \* 动态实时数据显示 (包括遥信量、遥测量);
- \* 遥测量数据处理, 日志、报表、曲线形成;
- \* 遥控操作开关分、合;
- \* 能实现保护投退, 定值更改, 保护复位;
- \* 事故追忆, 事件顺序记录;
- \* 异常报警、越限报警、事故报警等;
- \* 系统故障时, 可以自动弹出故障点画面, 并提供声光报警通知;
- \* 实现集中抄表, 母线不平衡计算, 巡视检查信息管理等。

## 3 核心技术设计

### 3.1 网络拓扑结构

集中监控系统分为中心系统、远程现场总线系统和无线传输网络。各配电站所有本地的现场总线构成规约专用网络, 由协议代理转换装置经无线网络接入中心系统。中心系统配置本地局域网, 由中心通信服务器完成和远程网络的接口。整个网络拓扑结构如图 1 所示。

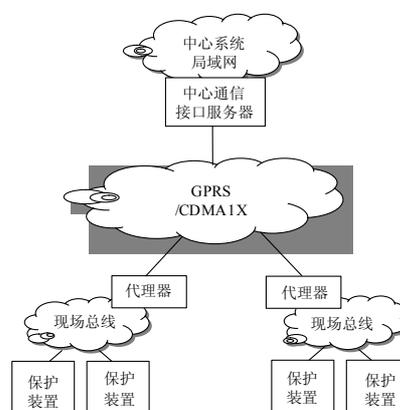


图 1 网络拓扑结构示意图

Fig.1 Schematic of network topology

### 3.2 网络协议层次结构

整个网络涉及多个层次的网络和协议规约，如图 2 所示。配电站所采用现场总线，连接微机保护装置。有线现场总线系统经代理装置由 GPRS / CDMA1x 无线 TCP/IP 网络承载，在最上层是保护设备的通信规约，有 103 规约，有 Modbus 规约，还有各个厂家自定义的通信规约。

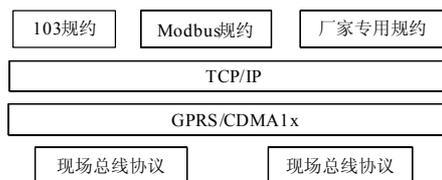


图 2 协议层次  
Fig.2 Protocol hierarchy

### 3.3 协议代理器设计

协议代理器负责对一个站所保护装置的管理和通信，并远程接入中心系统。考虑到 GPRS/CDMA1x 网络为窄带宽网络，通信按照流量计费，所以代理器必须经过特殊优化设计，以便更好的适应窄带无线网络。

代理器采用嵌入式实时系统，内置 ARM9 芯片，内嵌 GPRS 协议栈和 TCP/IP 协议栈，做到小型化，可靠运行。

考察标准的 103 规约，Modbus 规约和厂家自定义的通信规约<sup>[4-5]</sup>，大多按照主从式问答式通信模式。现场总线有一个主节点，所有保护装置为从节点。每次通信过程由主节点发起，所有从节点守候，并解析主节点的数据报文，报文均含有节点地址信息，一旦从节点解析的地址和自己的地址一致，则会做出应答。应答可以是有效的遥测遥信或事件报告等，如果没有相应的信息，则回答确认或无数据确认报文。这种主从应答式机制，严重浪费了带宽资源，而且不能保证告警或保护动作信息实时主动上报。如果代理器仅仅完成双向数据的通信代理，势必对窄带无线资源造成浪费，甚至不能满足通信带宽的需求。为此，代理器增加了协议的解析和转换功能。每个代理器实现一个站所的保护装置的通信规约，并作为主节点接入现场总线系统。代理器根据解析的数据报文，鉴别是否为遥测遥信或告警和保护动作报告信息，如是，就主动经 TCP 向中心上传。

这样的方案，减少了中心系统同时主动调度查询所有保护装置的负荷压力，减少了网络流量，同时解决了告警和保护动作的主动及时上报功能。

下面以 WGB113N 保护设备为例，该设备采用 485 接口，波特率 4 800 bps，无校验，采用许继企

业自定义协议 Q/XJS 11.050 -2001。代理器采用嵌入式 GPRS 硬件模块，实时操作系统内置 TCP/IP 协议栈。代理装置采用了带冲突检测的 485 总线查询机制，按照每 300 ms 轮询查询保护设备，同时管理一个站所 15 台保护装置，每 4.5 s 可以和保护装置通信一次。代理器按照 Q/XJS 11.050 -2001 规约<sup>[6-7]</sup>，解析通信协议帧数据，将有效的遥测遥信告警和保护动作报告信息，按照统一的格式重新编码，经 TCP 网络传输到中心系统。

### 3.4 中心系统设计

中心系统有通信服务器，数据库服务器，日志报表处理服务器，数据查询 Web 服务器，基于 WinCC6.0 系统的 SCADA 图形服务器等组成。服务器可以分开架设，也可以集中架设。通信服务器负责对远端的通信接口。Web 服务器为本地值班管理系统提供数据查询服务。SCADA 图形系统，实现按照标准工业组态系统，实现配电站所的图形组态监控。

## 4 系统测试结论

基于上述 GPRS 网络设计开发的配电所远程集中监控试验系统，已经在洛阳供电公司配电中心的 6 个站所，安装测试，试运行 6 个多月，运行性能良好，系统稳定可靠。此系统完全可以作为 35 kV 及以下变电站、配电所的远程监控系统，推广使用。

测试系统的中心通信服务器由有线 ADSL 接入，带宽为 2 Mbps，配电所远端使用中国移动的 GPRS 网络。对在线备用间隔接入保护综合测试仪，手动测试，遥测遥信数据可靠。一次加电运行，累计观测测试远端代理装置的运行状态，可长达一周，长在线不中断。在一个配电所安装一台代理装置，同时管理 20 个保护间隔的条件下，告警和保护动作事件，可以在 10 s 内及时上传到中心系统。在中心系统正常，远端设备重新加电启动，平均在 35 s 内可以接入中心系统，开始传递数据。在远端系统正常，中心系统重新启动后，远端系统可以最快在 1 s 内接入系统。GPRS 流量统计分析显示，在无告警正常状态下，平均每配电所每月 GPRS 总流量控制在 8 MB 左右。

## 5 问题和发展

基于 GPRS 网络的配电所远程集中监控系统，在试验运行中，尚存在以下问题：

1) 无线网络会出现间歇中断，每次中断，可能引起告警和保护动作信息的延迟上报。

(下转第 150 页 continued on page 150)

3) 智能变电站的投产, 使得原有的检验手段已不能满足现场检验的需要, 亟待研究新的检测方法, 配置相应的检测仪器。

4) 智能变电站与传统变电站的差异导致在维护界限、人员分工等方面需要重新划分。

### 7 小结

智能变电站将整合变电站自动化, 地理信息系统、SCADA 等技术, 并兼容微网和虚拟电厂; 在控制中心授予的权限范围内进行控制和建模<sup>[5]</sup>。其技术成熟度需要在兼容综合自动化变电站技术的基础上, 实现应用上的平稳发展和重点技术突破, 逐步达到完善。智能变电站建设将为智能电网发展奠定坚实基础。

### 参考文献

[1] 陈文中. 数字化变电站全光纤电流互感器准确度校验[J]. 华东电力, 2009, 37(12): 22-28.  
CHEN Wen-zhong. Accuracy Calibration for Fiber Optical Current Transformers of Digital Substations[J]. East China Electric Power, 2009, 37(12): 22-28.

[2] 殷志良. 数字化变电站中采样值同步技术研究[J]. 华东电力, 2008, 36(7): 38-41.  
YING Zhi-liang. Synchronization of Sampled Values in Digital Substations[J]. East China Electric Power, 2008,

36(7): 38-41(in Chinese).

[3] 苗新, 张恺. 支撑智能电网的信息通信体系[J]. 电网技术, 2009, 33(17): 8-13.  
MIAO Xin, ZHANG Kai. Information Communication System Supporting Smart Grid[J]. Power System Technology, 2009, 33(17): 8-13(in Chinese).

[4] 李力, 曹荣. 以创新精神建设坚强智能电网[J]. 电力需求侧管理, 2009, 11(5): 4-10.  
LI Li, CAO Rong. Building a Strong Smart Grid by Innovation Spirit[J]. Power Demand Side Management, 2009, 11(5):4-10 (in Chinese).

[5] 林宇锋. 智能电网技术体系探讨[J]. 电网技术, 2009, 33(12): 8-14.  
LIN Yu-feng. Discussion on Smart Grid Supporting Technologies[J]. Power Demand Side Management, 2009, 33(12): 8-14 (in Chinese).

收稿日期: 2009-09-04; 修回日期: 2009-11-04

#### 作者简介:

庞红梅 (1964-), 女, 工程师, 本科, 从事输变电工程安全监督与管理工作, 主要研究方向电力安全管理与技术; E-mail:Redmay0561@126.com

李淮海 (1964-), 男, 教授级高级工程师, 研究生, 研究方向为智能传感器, 电力电子技术、智能电网建设等;

张志鑫 (1964-), 男, 研究员, 研究生, 研究方向为光电传感器, 光电控制技术。

(上接第 128 页 continued from page 128)

2) 部分早期建设的线路, 保护装置型号陈旧, 缺少通信规约相关技术资料。

3) 同一个站所使用的备自投装置和线路保护装置采用通信接口不一致, 需要两台代理装置或更新保护装置。

4) 个别装置使用特殊的网络总线, 本次研发不能支持全部网络总线。

随着 3G 网络的建设和运用, 带宽瓶颈不再是制约因素, 可以考虑对系统的功能进一步扩充, 如增加实时动态图像传输等, 增加对配电所直流系统的监控, 对智能表计的远传等。

### 参考文献

[1] DL/T 599-2005, 城市中低压配电网改造技术导则[S].

[2] DL/T 814-2002, 配电自动化系统功能规范[S].

[3] 陈堂, 赵祖康, 等. 配电系统及其自动化技术[M]. 北

京: 中国电力出版社, 2003.

[4] DL/T667 1999, 第 103 篇 继电保护设备信息接口配套标准[S].

[5] IEC 60870-5-5, 远动设备及系统第 5 部分 传输规约第五篇 基本应用功能[S].

[6] 许继 Q/XJS 11.050 -2001 电力系统保护与监控装置通信规约[S].

[7] 许继 103 通信规约(2004-07-01)[S].

收稿日期: 2009-12-02

#### 作者简介:

郑瑞晨 (1962-), 男, 高级工程师, 博士研究生, 从事输、变、配电运行维护管理工作;

阎东升 (1963-), 男, 工程师, 本科, 从事配电网运行维护管理工作; E-mail: lydlyands@live.cn

张福刚 (1963-), 男, 高级工程师, 研究生, 从事输、变、配电运行维护研究工作。