

基于Mobitex和PLC技术的电力营销管理系统设计

龚钢军, 祁兵, 唐良瑞

(华北电力大学电气与电子工程学院, 北京 102206)

摘要: 依托Mobitex无线通信和PLC载波通信方式, 探讨在鞍山市铁东区初步建立以Mobitex通信技术为主、PLC载波通信技术为辅的电力营销管理系统, 实现鞍山市铁东区配电台区的集中管理, 降低线损, 提高企业管理水平。文中着重论述了Mobitex电能量管理终端和PLC载波抄表终端的研制、电力营销管理中心软硬件的设计和配置、通信服务器功能等问题。

关键词: Mobitex; MDOT; 电力载波通信; 通信服务器; 电力营销管理系统

Design of power sales management system based on Mobitex and PLC technology

GONG Gang-jun, QI Bing, TANG Liang-rui

(School of Electronic and Electric Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: An electric power sales management system is designed based on the principle that Mobitex technology is main and PLC technology is supplementary in Tiedong District of Anshan City to reduce the line loss of distribution transformer bank. It can realize the centralized management of distribution transformers and improve management level of enterprise. This paper focuses on Mobitex power management terminal and PLC meter-reading terminal. It also details the design and configuration of hardware and software in power sales management center and the function of communication server.

Key words: Mobitex; MPAK datagram over TCP/IP; power line communication; communication server; power sales management system

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)04-0037-05

0 引言

为了提高电力营销管理水平, 电力部门需要采用自动抄表技术组建电力营销管理系统, 实时监测、计算分析电量参数。由于电力系统设备分布点多、面广, 单一通信模式不可能完全满足自动抄表需求, 目前主要趋势是无线和有线方式结合。无线通信网络的信号覆盖范围大、施工方便, 但信号有盲点、无线调制解调器价格高, 需要采用PLC载波通信等有线方式作为补充, 从而提供整个系统的可行性、实用性和性价比。目前, 电力自动抄表系统采用的无线方式包括: 230 MHz 数传电台、GSM短信通信、GPRS公网通信、Mobitex无线数据专网通信等。传统230 MHz数传电台受频点资源和主站所带最大电台数量的限制, 而且速率低; GSM短信通信的时延不定、实时性差; 采用GPRS公网进行数据通信存在着信息安全性问题; 而Mobitex无线数据专网, 专

注于高度可靠性、短时间突发数据的实时通信, 以专网专用的方式, 完全满足电力系统远程无线自动抄表的需求^[1]。

Mobitex是由爱立信等多家公司联合为企业数据采集通信而研制开发的无线窄带蜂窝网络技术, 在我国拥有合法的800 M频段^[2]。本文以鞍山供电公司科技项目为基础, 探讨在鞍山市铁东区初步建立以Mobitex通信技术为主、PLC载波通信技术为辅的电力营销管理系统。该系统覆盖鞍山市供电公司铁东分公司四个66 kV变电站所属10 kV供电区域内1 200个变压器, 以及路灯、商户和部分居民用户, 系统通过对采集的实时信息进行计算分析, 实现电能量管理和线损管理, 研究和分析配电台区三相不平衡问题, 降低线损, 同时可以为生产及营销系统提供具有多种业务通信平台的功能, 促进企业管理水平的提升。

1 电力营销管理系统设计

据统计, 在鞍山市超过20%的低压线路存在不

基金项目: 辽宁省电力公司2007年科技项目; 华北电力大学青年教师科研基金项目

平衡度指标超标问题, 配电台区没有实现集中式自动化管理, 而且2006年1~8月份, 鞍山供电公司商业用户、机关户、非普工业等用户共188680户, 用电量171706万kWh, 占售电量的19.2%, 电费8.99亿元, 占总电费的20.2%, 亟需加强对上述用户的管理。因此, 建立电力营销管理系统, 实现配电台区的集中式自动化管理, 有利于电力系统的安全经济运行、增强配电台区、商户和居民用电的管理透明度, 便于管理人员掌握真实准确的电量数据, 及时分析问题和解决问题, 有效地降低线损和防止窃电行为的发生。

鞍山市电力营销管理系统作为一项科技项目, 预计系统完工之后, 通过采用合理技术措施, 理论计算后预测可有效降低配电台区线损0.2%, 年损失电量减少400万kWh, 增加电费收入约200万元, 很好实现对配电台区信息实时监测和集中式自动化管理, 提高企业电力营销管理水平。因此, 在设计、研发和施工中需要着重研究和解决如下问题:

1) Mobitex无线数据专网基站的架设, 天线角度的测量和优化, 采取必要避雷和防雷措施, 现场无线信号强度的测量和分析; 基站选址时, 考虑到铁东区地处鞍山市中心, 城区面积 35.58 平方公里, 而Mobitex基站城区覆盖半径8公里, 根据蜂窝网的频率复用原则, 在鞍山架设4台基站, 信号覆盖范围和信号强度满足要求。

2) Mobitex电能量管理终端(即: Mobitex无线抄表器)和PLC载波抄表终端的研制, Mobitex电能量管理终端内置Mobitex无线调制解调器和PLC载波抄表集中器, 通过无线网络与中心站通讯, 接收中心站下发的控制指令, 通过电力线载波控制载波抄表终端, 接受载波抄表终端上传的居民电表的电量数据。载波抄表终端安装在居民电表附近, 通过电力线与载波抄表集中器通讯, 接收载波抄表集中器下发的控制指令, 通过RS485接口或脉冲接口, 定时自动抄取居民电表电量数据, 并通过电力线载波数据通讯方式向上传给三相载波抄表集中器。

3) 建立电力营销管理中心, 包括 Mobitex 无线网络管理中心和电力营销应用软件管理中心。Mobitex 网管中心对整个网络进行配置、操作和控制, 可远程配置和管理网络设备, 统计网络报警和通讯等信息。电力系统应用软件管理中心负责处理和管理电能量管理终端上传的实时电量数据, 整体上对配电网进行监控, 分析配电网的运行状态, 实现线损分析、用电管理等功能, 同时可与 SCADA、MIS 等其它系统交换信息, 实现数据共享。电力营销应用软件针对电力行业特点, 采用先进的计算机

软件编程技术开发的专业电力组态软件, 具有实用、专业、美观的人机界面, 强大的图形、报表、曲线/棒图、统计分析、事件报警/记录等功能。

4) 通信服务器CS (Communication Server) 软件和电力营销应用软件的研制和开发。由于工程选取线路多、终端数量大, 为了保障系统运行效率和可靠性, 工程采用基站通过以太网交换机与中心站服务器有线连接, 而基站和电能量管理终端之间采用无线连接, 电能量管理终端和PLC载波抄表终端之间通过低压电力线连接, 考虑到无线网络和有线网络协议的不同, 中心站需要配备交换机和通信服务器。通信服务器设计应符合Mobitex网络传输特点、满足电力系统需求, 依托Mobitex网络和以太网软硬件设施进行自主研发, 很好地协调远程终端和中心站之间的数据传输、控制和管理。电力营销应用软件处理原始数据基于变压器380 V低压侧, 通过换算取得高压侧数据, 进而对高压侧三相不平衡度、电压合格率和线损等指标进行评估。

5) 电力营销管理系统通信规约的研究和制定。

1.1 电力营销管理系统结构

基于Mobitex和PLC载波技术的电力营销管理系统中心站设有Mobitex网络管理服务器、电力营销应用软件服务器、通信服务器、以太网交换机等设备, 外部连接基站、电能量管理终端、PLC载波抄表终端等设备, 系统结构如图1所示。

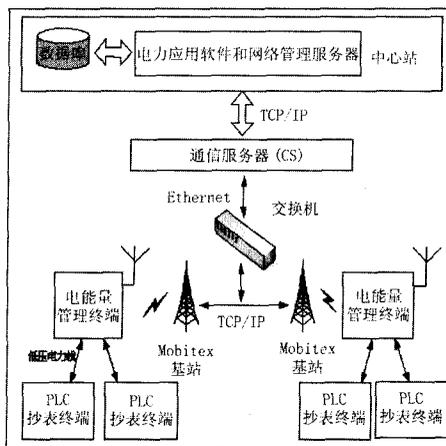


图1 电力营销管理系统结构

Fig.1 System structure of power sales management

在图1中, 电能量管理终端通过内置的Mobitex无线调制解调器与Mobitex基站通信, 而中心站的各种服务器(包括Mobitex网管服务器、通信服务器、电力营销应用管理软件服务器等)以TCP/IP方式与以太网交换机相连, 使得Mobitex协议包可以在IP网络畅通无阻, 保证现有应用服务器系统运用于

Mobitex网络环境。各类终端采集的数据经过打包,发送到Mobitex基站,经过交换到达通信服务器,由通信服务器处理后进入数据库,经过电力营销应用管理软件的统计、分析和计算,最终以图表等形式提交给最终用户,供后者决策、调度之用,同时,营销管理中心发布的各类监控和调度指令以相反的过程,通过Mobitex网络到达终端,执行相应的数据采集等控制。

网络中终端和Mobitex基站之间采用无线连接,而各个基站通过交换机连接,基站与交换机连接可采用电话网络、以太网网络等方式,考虑到电力系统网络实际情况,基站与交换机连接采用以太网网络连接、遵循以太网TCP/IP协议,经济、方便、快捷地利用电力系统现有资源。在以太网接入方式中,只需配置一台路由器,路由器至少有一个以太网接口,用于连接交换机,一个X.25接口用于连接基站。连接形式如图2所示。

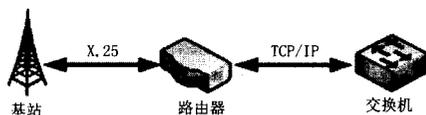


图2 基站和交换机之间连接图

Fig.2 Connection between base station and switch

1.2 通信服务器

Mobitex作为电力营销管理系统数据采集的无线网络通信平台,需要将终端采集到的数据以无线方式传送到中心站,供中心站工作人员进行数据的统计、计算和分析,实现对远程终端的控制和管理,实时监控电网的运行状态。为了更好地发挥Mobitex网络优势,提高传输速率、增强网络安全性,实现智能化网络管理,需要设计一款符合Mobitex网络传输特点、满足电力系统需求的通信服务器,从而很好地协调远程终端和中心站之间的数据传输、控制和管理。因此,在分析和掌握现有网络通信产品的技术优点的基础上,提出了通信服务器的概念模型,并依托Mobitex网络和以太网软硬件设施,进行了自主研发。通信服务器采用TCP/IP协议,通过以太网连接数据库、中心站和Mobitex网络,是整个系统的通信枢纽。

1.2.1 实时数据采集功能

通信服务器最主要的功能是完成数据的实时采集任务,及时更新数据库中的数据,与电能量管理终端内的数据保持同步。

1) 上行链路——终端至通信服务器数据流程
现场终端设备将采集到的数据(遵守制定的电

力营销管理系统通信规约)通过Mobitex无线网络发送到基站,基站接收数据并通过MPAK(Mobitex packet)协议转发给以太网交换机,交换机根据MPAK包中目的地址中的MAN(Mobitex Address Number)号,将MPAK包重新封装为MDOT(MPAK Datagram Over TCP/IP)包,并通过以太网发送到通信服务器,通信服务器解析后重新得到MPAK包,并提取MPAK包中的采集数据存储到数据库,中心站应用管理软件根据需要读取数据库里的相关数据,通过计算、分析生成直观的数据、图表和曲线等。

2) 下行链路——通信服务器至终端数据流程

中心站下发指令后,通信服务器检测到通信要求,通信服务器检测终端编码和终端MAN号的对应关系,查找在线终端的MAN号,看是否有指定的要通信的终端;如果指定的终端在线,通信服务器通过交换机将用户发出的命令或其它通信要求传递给终端,终端解析MPAK包中的数据指令后产生动作。

1.2.2 协议转换与传输

数据通信的关键是协议,以太网交换机将MPAK封装为MDOT并通过以太网将数据发送到通信服务器,通信服务器通过TCP/IP协议接收来自交换机的数据包,拆封数据包得到数据,存储到数据库为中心站分析管理软件提供透明的数据服务;交换机通过TCP/IP协议接收来自通信服务器通的管理指令,并将其封装成MPAK包,发送到无线终端,无线终端取出制定规约数据执行相应操作。

1.2.3 数据存储、维护和备份

通信服务器和数据库通信,将采集到的数据存储到数据库,为中心站系统工作人员能分时段、分日、分月、分年进行电能统计和计算,生成各种报表提供安全可靠的数据源。通信服务器不但能够把数据存储到数据库中,而且能够备份关键数据,发生灾难时能够将数据恢复。

1.2.4 流量控制、故障报警和处理

通信服务器通过监视终端和网络状态,能够实时处理终端故障和控制网络流量,调整数据采集时间间隔,保障终端和网络安全、可靠的工作。

1.2.5 安全控制

根据行业客户的要求,可以在通信服务器上加装RADIUS服务器,为中心站分析管理软件提供AAA认证和IP绑定功能。

1.3 中心站

中心站是整个系统监控和管理的核心,实现Mobitex网络的管理,并采用电力系统应用软件处理和管理电能量管理终端上传的实时电量数据,对整

个配电网进行有效监控和管理,明确配电网的运行状态。

1.3.1 Mobitex网络管理中心

Mobitex网络网管中心对整个无线网络进行配置、操作和控制,可远程配置和管理网络的各部分设备,统计网络报警、通讯等信息。网管服务器又分为服务器端和客户端,分别采用Solaris 9和OpenVMS操作系统。

1.3.2 电力营销应用软件管理中心

电力系统应用软件管理中心负责处理和管理电能管理终端上传的实时电量数据,采用电力营销应用软件分析和评估配电网的三相不平衡度、用电情况和线损等指标。

1) 电力营销应用软件指标

- 强大的数据处理、分析和计算功能;
- 强大的数据共享能力,通过标准的服务提供接口,可与其它软件应用系统共享数据;
- 强大的组态功能,支持用户自定义图元,满足不同用户的不同数据展示需求;
- 灵活多样的数据查询和统计方式,方便用户从系统中提取各种数据集合。

2) 电力营销软件管理中心结构

电力营销应用软件中心构建在局域网环境下,系统各运行主体接入网络模式如图3所示。

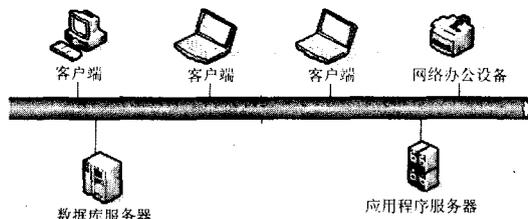


图3 电力营销软件管理中心结构图

Fig.3 Structure of power sales software management center

3) 电力营销应用软件功能

电力营销应用软件以获得的380 V低压侧变压器台区数据为基础,通过换算取得高压侧数据,进而对高压侧三相不平衡度、电压合格率和线损等指标进行评估。电力营销应用软件提供三相状态估计、三相潮流、三相参数估计、无功优化、不对称故障计算等高级分析软件模块,提供实际线损和理论线损计算,提供电压合格率分析、不平衡度分析等各种指标的计算,既可以在监控平台的后台自动调用,也可以单独分析并输出分析报表。电力营销应用软件通过全新的三相不对称网络分析理论,结合先进的计算机应用技术,实现针对配电网的分析与管理系统,实时计算配电网的理论线损、负荷不平

衡度、电压合格率等一系列指标,并根据实际情况计算出最有效率的无功补偿措施、不对称负荷平衡方案、降低线损的措施等,为配电网高效安全地运行提供全新的技术服务。

4) 电力营销应用软件特色

- 完全基于380 V低压侧数据构造电力系统网络的分析方案,成本低、维护方便;
- 先进的三相不对称网络分析算法,针对电力营销系统数据进行了优化,能够及时了解配电网的各种指标和数据,掌握网络运行状态,确保系统安全运行;
- 智能化监控测量设备,智能感知各处测量设备的工作情况,如有设备故障,及时发现问题,确保系统正常工作。

1.4 Mobitex电能管理终端

Mobitex电能管理终端面向电力系统需求,依据国家电力公司制定的电力系统终端设备抄表规约、数据远传规约、终端产品安全条件、终端产品测试条件等要求,采用高性能32位ARM数字芯片,大容量Flash存储芯片,模块化设计,具备RS485和脉冲抄表接口,本地RS232通讯和维护接口,可定时采集现场数据,并通过Mobitex网络定时上传数据,而且具有远程控制功能、远程在线升级功能、自检和自恢复功能、内置PLC载波抄表集中器,通过低压电力线载波,按设定的采集方案定时采集数据,并可实时监测电表运行状态功能,具有多重识别系统、配合主站的加密算法,可有效保证数据和操作的安全性等功能。

1.5 PLC载波抄表终端

经过两网改造,居民小区都是“一户一表”,同时伴随着城市住宅建设日益发展,居民电能表数量激增,多种电价制度开始推行,抄表计量日趋复杂,传统的人工抄表方式工作效率低、精确度差,因此,供电企业需要一种投资少、安装维护方便、通讯可靠、计量准确的电能表远程集中抄表解决方案。由于居民电表数量大、分布广、地形复杂,需要考虑信号通信质量和设备成本,使每个用户电表与抄表系统建立有效的稳定连接。由于电力线路分布广泛、无所不至,可构建一个基于电力线的通信网,可以节省大量的人力物力。

PLC载波抄表终端采用载波专用芯片PL3105,具有数据采集、查询以及远程传输等功能。硬件电路包括:PL3105单元、脉冲采集单元、载波通信单元、数据存储单元、电源单元等^[3]。载波通信采用直接序列扩频的BPSK调制解调方式:将要发送的信息用伪随机码序列扩展到较宽的频带上,在接收

端用同样的伪随机码序列来进行同步接收,恢复信息。载波通信的扩频、解扩工作完全由芯片内部的硬件电路实现,解扩阈值可以软件调节。另外,需要配合外围功率放大和接收回路等电路共同构成载波通信的硬件部分。载波通信采用帧同步方式的串行移位通信,半双工方式,速率500 bps,中心频率为120 kHz,带宽为 ± 7.5 kHz。同时,为了解决载波抄表距离瓶颈,PLC载波抄表终端具备中继功能,中继的选择有自动识别和人工指定两种。PLC载波抄表终端通信可靠、一次性抄表成功率达到99.9%,成本低、功耗小,体积小,可安装在电表箱内,方便现有表计的改造,十分适合电力系统的远程集抄应用。

2 结论

本文以鞍山供电公司科技项目为基础,充分考虑了系统组建成本、通信实时性、运行可靠性,自主研发 Mobitex 电能管理终端、PLC 载波抄表终端、通信服务器、电力营销应用软件等软硬件设备、在鞍山市铁东区初步建立以 Mobitex 通信技术为主、PLC 载波通信技术为辅的电力营销管理系统系统,系统具有实时数据采集、远程自动抄表、用电异常信息监测、线损分析、用电数据统计分析、负荷预测分析管理、台区和大客户综合信息管理等功能,可大大提高电力企业的管理水平,具有很好的社会效益和经济效益。

(上接第9页 continued from page 9)

- [2] 尚春. HVDC 地中电流对交流变压器影响的抑制措施[J].高电压技术, 2004, 30(11): 52-54.
SHANG Chun. Measure to Decrease the Neutral Current of the AC Transformer in HVDC Ground Return System[J].High Voltage Engineering, 2004, 30(11): 52-54.
- [3] 李长益. 直流单极运行对交流变压器的影响[J]. 华东电力, 2005, 33(1): 36-39.
LI Chang-yi. Effect of DC Monopole Operation on AC Transformers[J]. East China Electric Power, 2005, 33(1): 36-39.
- [4] 马志强. 变压器直流偏磁的原理性仿真[J]. 广东电力, 2004, 17(2): 1-5.
MA Zhi-qiang. Simulation of Transformer DC Magnetic Biasing[J]. Guangdong Electric Power, 2004, 17(2): 1-5.
- [5] Dommel H W. EMTP Theory Book[M]. 1986.

参考文献

- [1] 祁兵,唐良瑞,龚钢军. 基于Mobitex的电力负荷管理系统设计[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(5): 83-85.
QI Bing, TANG Liang-rui, GONG Gang-jun. Design of Power Load Management System Based on Mobitex[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(5): 83-85.
- [2] 何春红,孙毅,周鹏. Mobitex和GPRS技术在电力系统中的应用分析[J]. 现代电力, 2004, 21(4): 70-75.
HE Chun-hong, SUN Yi, ZHOU Peng. Application Analysis of Mobitex and GPRS Technologies in Power System[J]. Modern Electric Power, 2004, 21(4): 70-75.
- [3] 北京福星晓程电子科技股份有限公司[Z]. 低压载波集中抄表系统说明书, 2006.
Beijing FuXingXiaoCheng Electronic Technology Co., Ltd[Z]. Reference of Automatic Meter-Reading System for Low-voltage, 2006.

收稿日期: 2007-07-23; 修回日期: 2007-09-06

作者简介:

龚钢军(1974-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为应用电子技术、无线通信、电力系统通信等; E-mail: gonggangjun@126.com

祁兵(1965-), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为无线通信、电力系统通信等;

唐良瑞(1966-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为图像处理、电力系统通信、电能质量等。

- [6] Arrillaga J, Enright W, Watson N R, et al. Improved Simulation of HVDC Converter Transformers in Electromagnetic Transient Programs[J]. IEE Proc on Gener, Transm, and Distrib, 1997, 144(2): 100-106.
- [7] Waling R A, Khan A H. Characteristics of Transformer Exciting-current During Geomagnetic Disturbances[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1991, 6(4): 1707-1714.

收稿日期: 2007-10-15

作者简介:

李海锋(1976-), 男, 博士, 讲师, 主要从事电力系统故障分析与继电保护的教学与科研工作; E-mail: lihf@scut.edu.cn

朱革兰(1967-), 女, 博士, 讲师, 主要从事电力系统故障分析与继电保护的教学与科研工作;

王钢(1966-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事电力系统保护、控制及自动化领域的教学与科研工作。