

城乡电网综合监管系统的设计

王梦玲¹, 邱益农²

(1.南京供电公司,江苏南京 210008;2.江苏联宏自动化系统工程有限公司,江苏南京 210046)

摘要:针对我国目前电网运行及用电管理的实际情况,为适应国家坚强智能电网建设战略的信息化、数字化、自动化、互动化的要求,为及时、准确、全面反映各电压等级电网的结构、设备性能情况、用电构成及管理水平,准确查找线损异常因素,减少电量损失,提出并设计了一套城乡电网综合监管系统,形成包括负荷管理、电能量采集、配变监测、低压集抄的一体化系统。详细阐述了该系统的结构和通信原理,介绍了配变终端、采集终端、配变监测系统软件的功能和特点。

关键词:城乡电网;LonWorks;配电变压器;监管系统

中图分类号:TM727

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2012)03-0050-04

近年来,随着城乡经济的高速增长,原有的配电网和供电模式已经不能充分满足客户电力发展和居民生活用电的需要。为充分满足电力系统供电侧、售电侧、购电侧等多种对象的电能量信息的采集和监控,如变电站关口、公共配电变压器、大客户及中小客户等,城乡电网综合监管系统运用负荷管理系统设计思想和资源,利用现代计算机技术和通信技术,实现对城乡配电网各种用电对象的动态监测功能,通过负荷控制、故障自动诊断、网络拓扑分析和无功自动投切等功能,改善电能质量,提高供电可靠性,减少配电设备维护成本,提高工作效率及降低线损等重要指标计算的准确性,进而提高电力部门的劳动生产率。

1 系统总体结构

城乡电网综合监管系统可由3层物理结构组成,如图1所示。第1层为主站,负责整个系统的电能信息采集、用电管理以及数据管理和数据应用等。第2层为数据采集层,负责对各采集点电能信息的采集和监控,包括各种应用场所的电能信息采集终端。第3层是具体的采集点监控设备,即电能信息采集源和监控对象,如电能表和相关测量设备、客户配电开关、无功补偿装置以及其他现场智能设备等。通信网络完成系统各层之间的数据传输,可以是专用或公共无线、有线通信网络以及电力线载波通信网络。

系统可由监管中心、配变综合监控终端、光纤以太网或者GPRS无线网络、双绞线或电力载波LonWorks^[1]控制网络、多功能电力监控终端、变压器下游侧采集终端、智能表计、配变终端及采集终端、现场抄表器等组成。其中,配变综合监控终端具有变压器监控、无功补偿控制和抄表集中器等多项

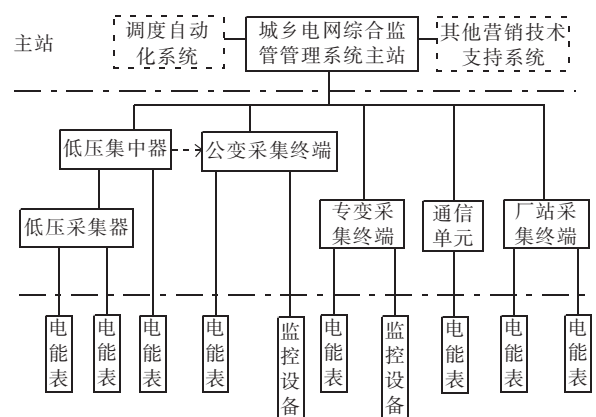


图1 城乡电网综合监管管理系统物理结构

功能。多功能电力监控终端对10 kV供电回路实现遥测、遥信与遥控。变压器下游侧由采集终端、单相或三相LonWorks电力线载波接口电能表及常规RS485接口电能表组成^[2]。现场抄表器的使用,则能方便配变终端和采集终端的现场安装、调试以及故障监测和设备维护。

系统的远程通信网络可采用多种无线、有线数据传输网络,例如GPRS无线网络、CDMA无线网络、宽带、光纤等,实现主站和数据采集层设备间的数据传输。系统的本地通信网络用于数据采集层的采集终端之间以及采集终端与电能表之间的通信,可采用LonWorks电力线载波、RS485总线以及各种其他有线网络。

主站与配变终端间、主站与直接通信的电能表通信单元间的数据传输协议均采用DL/T 698.41。低压集中抄表终端与电能表的数据传输协议采用DL/T 698.42。其他电能信息采集终端与电能表的数据传输协议应支持DL/T645。

2 系统实现的主要功能

2.1 丰富的数据采集功能

系统通过配变终端采集负荷和电能量实时数据

和历史数据, 监视电能表和相关设备的运行状况以及供电电能质量等。可采用定时自动采集、典型日数据采集、随机召测数据、主动上报数据等方式。

电能数据有: 当前和冻结电能示值、最大需量等; 交直流模拟量有: 电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、谐波等; 状态量有: 开关状态、终端及计量设备工况信息; 电能质量数据统计有: 电压、功率因数、谐波、频率等越限统计数据; 事件记录数据有: 终端和表计记录的事件记录数据。

2.2 多种数据管理功能

2.2.1 数据合理性管理方面

可提供采集数据完整性、正确性的检查和分析手段, 发现异常数据或数据不完整自动进行补采。提供数据修正手段对错误数据、不可补采的数据进行统计分析处理和事件记录, 保证原始数据的唯一性和真实性。主站发现异常数据可按设置要求告警和提示。

2.2.2 数据的分析和计算方面

根据应用功能需求, 用户可通过配置或公式编写, 对采集的原始数据进行加工和处理, 包括: 按区域、行业、线路、自定义群组、单客户等类别, 按日、月、季、年或自定义时间段, 进行负荷、电能量的分类统计分析; 电能质量统计分析, 对监测点的电压、电流、功率因数、谐波等电能质量数据进行越限、合格率等统计分析; 计算线损、母线不平衡、变损等。

2.2.3 一体化数据存储管理方面

采用统一的数据存储管理技术, 对采集的各类原始数据和应用数据进行分类存储和管理, 为数据应用提供一体化数据平台。对外提供统一的数据服务接口, 为其他系统开放有权限的数据共享服务。

2.2.4 数据的综合查询和应用

系统支持数据综合查询功能, 并提供组合条件方式查询相应的数据页面信息。

按应用需求, 支持有序用电管理、异常用电分析、电能质量数据统计、报表管理、线损分析、增值服务应用功能。实现了用电异常监测、重点客户监测、事件处理和查询。还可以进行电压越限统计、功率因数越限统计、谐波数据统计、线损和母线不平衡及变损分析。此外, 还能 WEB 信息发布及综合数据查询等。提供了网络化的接口, 数据随时发布, 提升电力监督管理能力。

2.3 系统总体技术和性能指标

可靠性指标: 低压集抄终端的 $MTBF \geq 7.6 \times 10^4$ h; 其他终端的 $MTBF \geq 2 \times 10^4$ h。系统可用性指标: 主站和终端的年可用率应 $\geq 99.5\%$ 。

系统的响应速度指标: 遥控操作响应时间 < 5 s;

重要信息(如重要状态信息及总功率和电能量)巡检时间 < 15 min; 常规数据召测和设置响应时间(主站发送召测命令到主站显示数据的时间) < 15 s; 历史数据召测响应时间 < 30 s; 客户事件响应时间 < 30 min。数据库常规数据查询响应时间 < 10 s; 数据库模糊查询响应时间 < 15 s。

3 配变终端实现的主要功能

配变终端由开关电源单元、信号采集单元、数字信号处理单元、系统管理单元以及输入输出以及通信接口单元等部分组成。采用 AT9200 为核心处理器进行采集数据的处理、存储、显示和通信, 并对报警节点进行实时监测; 为保证采样精度, 选择 ADI 公司出产的 16 位 6 通道同步 ADC 芯片 AD73360, 选择 ADI 的 BF531 作为采样处理芯片; 为保证系统时钟的精确、稳定, 选择 8025t 时钟芯片。此外, 为断电状态保存数据和设备报警通信, 选用 12 V 的可充电锂电池作为后备电源。配变终端原理如图 2 所示。

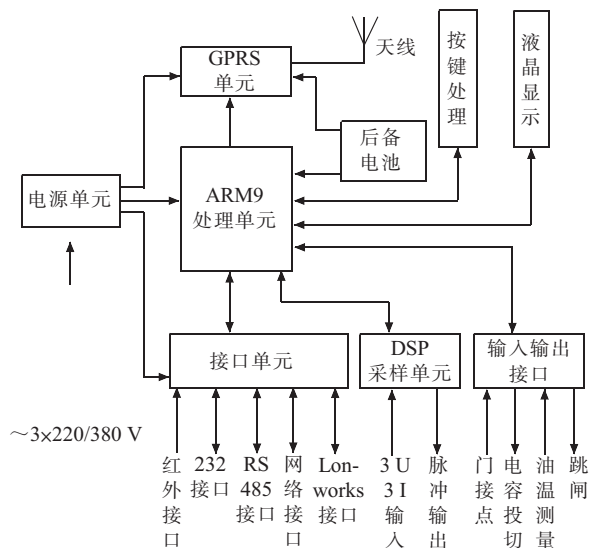


图 2 配变终端原理

3.1 在测量方面的功能

为保证数据采集的密度和精度, 选用 ADI 的 BF531 数字信号处理器进行电压、电流的采样, 可在 400 MHz 主频下工作, 配有 NOR FLASH、SDRM, 配置外部看门狗和掉电监控, 能在停电时及时保存必要的的数据, 保存在 FLASH 中。

测量功能主要包括: 相电压、线电压; 相电流和零序电流; 三相分相的有功功率、无功功率及总有功、无功功率; 三相功率因数和总功率因数; 状态量当前状态的变位去抖和采集; 能够计算 0~19 次谐波以及波形畸变系数 (THD)^[3]; 温度传感器接入的温度测量; 0~5 V 或 4~20 mA 输入量测量。

3.2 在计量方面的功能

主控制板以 Atmel 的 ARM9 单片机 AT9200 为核心, CPU、NAND FLASH、NOR FLASH、SDRM 设计在一块核心板上, 用两排 80 芯的接插件与底板连接。并且尽量将所有资源引出。

计量功能主要包括: 计量多时段总的及分相的正向有功电能、正反向无功电能, 并存储其数据。要求至少存储最近 12 个月或最近 12 个抄表周期的数据, 数据转存分界时间为每月月末 24 时(月初零时)或其他抄表日的任意时刻; 可以定义其他抄表日及时刻; 转存的同时, 当月最大需量值应自动复零, 对非指定的抄表日, 抄表时数据不转存, 最大需量也不复零。抄表日及时刻设定可就地设置, 允许远方设置时, 应当有相应权限的密码保护。还能够在指定的时间区间内, 测量最大需量、分时段最大需量及其出现的日期和时间。需量周期可在 5, 10, 15, 30, 60 min 中选择, 滑差(窗)式^[4]需量周期的滑差时间可在 1, 2, 3, 4, 5 min 中选择, 需量周期应为滑差(窗)时间的整数倍 5 倍以上。需量周期选择和滑差时间就地 and 远方均可设置。能接受远方冻结命令进行数据冻结或根据预设周期进行数据冻结。已经具备二路 LED 显示脉冲及四路光耦电度脉冲输出, 脉冲输出时间间隔必须保证在输入 1% 额定电流。cos φ =1 时每个脉冲间隔<1.5 min。最大需量值应能在就地和远方清零。

3.3 报警功能

按照设定的阈值、允许持续时间、告警功能等, 实时计算出配变电压、负荷电流的三相不平衡率、过负荷、零序电流等, 超限时产生报警记录。

3.4 无功补偿功能

具备 RS485 通信接口和无功补偿装置通信。

3.5 数据安全防护功能

(1) 功率设置、电量清零、需量清零、误差调整(除广播校时外)按参数分类有硬件的写保护措施。

(2) 参数的修改可产生操作记录, 该记录无法删除, 可以远方召唤。

(3) 失去工作电源时, 终端能保持断电前数据及保证实时时钟计时正常, 数据可无电保存 3 年以上, 实时时钟能持续计时 3 个月以上。

(4) 终端停电来电时间和终端复位次数等操作记录。

(5) 软件升级设置密码保护, 密码位数不少于 6 位, 可区分本地版本升级和远程版本升级各自允许的内容和等级; 版本升级的操作产生操作记录。

(6) 能够记录停电时间和停电次数, 产生操作记录。

(7) 记录终端内部异常事件(如自检错、硬件错

等)发生的事件及当前电量。

(8) 终端具备各被测量误差调整功能, 其误差允许范围正负 5 s。为防止曲线记录的非连续, 在时差不超过曲线记录 2 个时间间隔点的情况下, 应采用渐进式校时, 超过则重新开始新的曲线记录, 同时产生告警和操作记录。

(9) 操作记录不可删除。

(10) 告警、操作、事件等记录记忆容量每个类型不少于 64 条, 记录个数超过容量时, 覆盖时标最早的记录。

(11) 终端记忆的任何数据都自带数据完整性效验功能, 具有有效/无效校验和指示功能。

3.6 遥控和遥信功能

能够实现一路以上的超功率跳闸控制, 可根据配变协议进行远程遥控和终端设备本地闭环控制; 同时, 可对遥控动作后的动作节点进行遥信, 查询其状态。

3.7 电表数据集中器功能

为提高系统运行效率, 充分利用配变终端的功能, 提高系统抄收电表数据的速度, 可在配变终端上附加电表数据集中器功能, 自动抄收所属采集器内保存的电表运行信息并保存在该设备中。集中器或所属采集终端及电表故障主动报警上传。

4 采集终端实现的功能

电表采集终端采用通用的 FT5000 单片机作为主 CPU, 具有成本低且硬件结构简单的特点。接有一片铁电 FM24CL64 作为在线可电擦除存储器, 保存采集到的各电表数据。还包括复位电路、时钟电路、外部 RAM 扩展、485 通信电路、电源电路等。

FT5000 串口可与 RS232 或 RS485 进行有线通信; 通过硬件跳选选择, FT5000 串口可与 Mbus 进行通信; FT5000 具有 LonWorks 网络通信接口, 可方便接入网络。

4.1 对时功能

在综合考虑可实现性和经济性的基础之上, 采用广播对时的形式。在采集终端还对下属的电表进行对时。如发现电表有故障, 则及时上报。采集终端内有状态字, 状态字的定义符合《自动抄表系统通信规约》^[5]要求。

4.2 通信功能

上行采用 LonWorks、RS485 及红外通信; 下行通信采用 RS485, 还有在线编程接口。

4.3 数据传送功能

能实时采集所接表位的设备实时参数和日、月参数; 能按自动抄表周期采集并保存采集的数据; 每

个采集终端整点过 10 min 自动抄收其归属内电表数据。并能保存其前 2 个月的数据。当下一次抄表时自动刷新。采集终端最多可下挂 32 个电能表。实时参数从电表采集后主动直接上传,也可以通过终端上接集中器或掌机被动式上传数据。

5 结束语

城乡电网综合监管系统的应用,适应国家坚强智能电网建设战略的信息化、数字化、自动化、互动化的要求,有效地解决了电力部门在配变管理方面缺乏有效监测、分析手段的问题。在生产管理方面:利用系统提供的数据支持,可以解决电压合格率、功率因素等方面的问题,满足生产指标管理的需要。在经营管理方面:对配网变压器的实时监控,使计量回路PT断线、表计故障等造成电量少计、漏计的问题能得以及时发现,通过实时线损分析,最大程度减少供电损耗,为防窃电工作提供技术支持,提高了供电企业的直接经济效益。城乡电网综合监管系统的建立,在实现自动监视变压器的运行状况的同时,还能通过多种技术措施及时、可靠地采集线路上电能表

的运行参数和电量数据,提高电力设备的利用率及工作效率,为更加全面、科学地进行线损统计、负荷分析预测、电压合格率统计、城区配变网规划、优化供电方案、城网建设与改造项目决策等提供科学的依据。

参考文献:

- [1] 岳 姝.Lonworks 现场总线简介[J].电工技术,2000(8):13-15.
- [2] 吴苗凤.现场总线技术在±500 kV 枫泾换流站的应用[J].上海电力,2011(2):30-34.
- [3] 王现军,姬 波.电力系统谐波功率分量的快速估算[J].现代电子技术,2003,26(11):27-31.
- [4] 潘文诚.基于 DDS 技术的工频频率滑差源[J].电力自动化设备,2005,25(1):37-39.
- [5] 邢建平,刘晓娟,吕玉军.自动抄表系统设计[J].铁路计算机应用,2011(4):29-30.

作者简介:

王梦玲(1973),女,陕西大荔人,工程师,从事电力电表的研究、设计和鉴定工作;
邱益农(1969),男,江苏丹阳人,高级工程师,从事自动化仪器仪表的研究、设计和鉴定工作。

Design of Comprehensive Supervision System in Urban and Rural Power Grid

WANG Meng-ling¹, QIU Yi-nong²

(1. Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210008, China;

2. Jiangsu Lianhong Automation Co.Ltd., Nanjing 210046,China)

Abstract: For the actual situation of power operation and management, and in order to adapt to the informatization, digitization, automation and mutualism requirements of strong smart grid construction strategy, a set of comprehensive supervision system of urban and rural power grid is proposed. The system can comprehensively reflect the structure of voltage level of power grid, equipment performance, power structure and management level accurately. And the abnormal factors of power loss can be found correctly, thus the power loss can be reduced. The comprehensive supervision system includes load management, electric energy acquisition, distribution transformer detection and low-tension concentrate meter reading. Besides, the structure and communication principle of the system are described. In addition, the functions and features of acquisition terminal, distribution transformer terminal and its detection system are also introduced.

Key words: urban and rural power grid; LonWorks; distribution transformer; supervisory system

(上接第 49 页)

Analysis and Program Realization of Sampled Value Transmission Protocols in Intelligent Substation

XU Rui-lin¹, GAO Jin¹, YANG Hong-tao², ZHONG Jia-yong¹, ZHANG You-qiang¹

(1. Chongqing Electric Power Research Institute, Chongqing 401123, China;

2. State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: Intelligent substation is the trend of the development of substation. The transfer protocol of sampled value in process level of intelligent substation transfers the power system operation data acquired from non-conventional instrument transformers to the protection device and monitoring device. And the normal data transformation is basic for protection device and monitoring device to realize their respective functions. In the paper, three transfer protocols are introduced in detail. And the advantages and disadvantages of the three are compared from the aspects such as flexibility, real-time performance and reliability. Furthermore, the programming methods of the three protocols are also presented.

Key words: intelligent substation; process level; sampled value; transfer protocol; IEC 61850; IEC 60044-8