

# 基于无线传感网络的智能电网抄表系统研究

陈俊<sup>1</sup>, 邓桂平<sup>1</sup>, 戴晓华<sup>2</sup>

(1. 湖北省电力试验研究院, 武汉 430077; 2. 杭州炬华科技有限公司, 杭州 310030)

**摘要:** 基于无线传感网络技术的智能电网抄表系统可为实现智能电网信息采集提供可靠经济的选择。本文对基于无线传感网络的智能抄表系统的架构、主要特点及技术解决方案进行了详细分析, 最后指出发展我国无线传感网络技术的关键是建立自主标准体系和突破关键技术。

**关键词:** 智能电网; 无线传感网络; 智能电表; 抄表系统

中图分类号: TM73

文献标识码: A

文章编号: 1001-1390(2009)08-0032-04

## Research on Meter Reading System of Smart Grid Based on Wireless Sensor Network

CHEN Jun<sup>1</sup>, DENG Gui-ping<sup>1</sup>, DAI Xiao-hua<sup>2</sup>

(1. Hubei Electric Power Testing & Research Institute, Wuhan 43007, China.

2. Hangzhou Sunrise Technology Co. Ltd, Hangzhou 310030, China )

**Abstract:** The smart meter reading system based on wireless sensor network technology provides a reliable and economic choice for energy data acquisition of smart grid. The structure, main features and technological solutions of smart meter reading system based on wireless sensor network are analyzed in detail in this paper. Finally, this paper points out that the keys for developing china's wireless sensor network technology are to self-establish standard system and break through critical technology.

**Key words:** smart grid, wireless sensor network, smart meter, meter reading system

### 0 引言

智能电网的核心在于构建具备智能判断与自适应调节能力的多种能源统一入网和分布式管理的智能化网络系统, 可对电网与客户用电信息进行实时监控和采集, 且采用最经济与最安全的输配电方式将电能输送给终端用户, 实现对电能的最优配置与利用, 提高电网运行的可靠性和能源利用效率<sup>[1-3]</sup>。

智能电网的本质是能源替代和兼容利用, 它需要在开放的系统和共享信息模式的基础上, 整合系统中的数据, 优化电网的运行和管理。信息采集技术作为构成智能电网三大要素之一, 其最大的革命性变化就是采集手段的不同, 即通过智能传感网络实时获取需要采集的物品、地点及其属性变化等信息。智能电网主要是通过终端传感器在客户之间、客户和电网公司之间形成及时连接的网络互动, 实现数据读取的实时、高速、双向的效果, 从而整体提高电网的综合效率<sup>[4]</sup>。

无线传感网络(wireless sensor network)是当前国

际上倍受关注的、多学科前沿热点研究领域<sup>[5]</sup>, 它集合了嵌入式计算、现代通讯网络、无线通讯技术和分布式信息处理, 将数据以自动组织, 中继路由方式传送到系统主站和终端<sup>[6]</sup>。

基于无线传感网络技术的智能电网抄表系统, 能够实现电网现场“最后一公里”的无缝接入, 为实现智能电网信息采集提供可靠经济的选择。其系统抄通率、畅通效率和对环境变化的适应性都大大超出以往的无线抄表系统, 特有的中继路由技术和自动路由算法能把网络通讯效率和可靠性提高数倍, 达到实用化的效果。

### 1 基于无线传感网络的智能抄表系统架构

基于无线传感网络的低压集抄系统是基于自主知识产权的无线通讯技术, 融合目前在电力自动化领域应用最广泛和成功的GPRS通信技术、TCP/IP网络技术等多种通信技术为基础的综合用电能源计量管理系统。

基于无线传感网络的低压集抄系统采用分布式处理和客户/服务器 (Client/Server)、浏览器/服务器 (Browser/Server) 模式相结合的体系结构,具有数据采集工作站、数据处理服务器、Web工作站等功能分布点,数据服务器可采用Oracle大型商用关系数据库,以可靠保存系统配置的相关信息数据和用户的采集数据。

基于无线传感网络的低压集抄系统针对低压居民用户的特点采用公变用户采用集中器、采集器和居民单相电能表解决在网络自动抄表、线损分析等方面的问题。

该能源计量管理系统可以实现如下功能:

- (1) 远程自动抄表,数据的准确实时采集;
- (2) 数据分析及统计;
- (3) 各台区线路的综合线损分析;
- (4) 客户服务及管理。

## 2 基于无线传感网络的智能抄表系统主要特点

基于无线传感网络的低压集抄系统主要目的在于实现对安装在用电现场的表计,包括:公变总表、居民表计进行综合采集分析管理,或接收来自电表主动注册或上报的数据并进行分析处理,一方面通过系统来自动管理表计数据,可以保证抄表结果的准确无误,实现输电网线损分析、配电网线损分析、居民小区的公变变损分析,从而为电力公司提供最直接的分析结果依据,电力公司可以此为依据逐步进行技术改造或调整参数。另一方面,系统可在最短的时间内获取用电现场发生的异常事件,并及时通知责任人,为电力公司快速发现并解决用电现场异常(包括窃电)提供最及时的信息。

该系统具有以下主要特点:

(1) 系统采用网站方式设计和建设,使用方便。系统完全按照目前的web技术设计,任何用户和任何管理部门的相关人员在任何地点都可以使用Internet访问系统网页查看相应的内容;

(2) 可以实现线损分析的功能,功能强大,覆盖面广。系统可以对电网下各种类型的用户(大型工厂、中小工商业用户、居民用户)进行数据采集和监测,同时能够为分线、分区、分片线损自动统计分析和考核管理提供技术支持、分析专用变压器和公用变压器的最大负载比、用户的用电异常情况、窃电管理等,为政府部门制定相应的政策提供依据和技术保障;

(3) 数据采集和远程自动抄表。系统可以按照设定的日期和时间,以实时、定时、主动上报等方式,采集电网下各种用户的电能数据、电能质量数据、负荷

数据、工况数据、事件记录数据等信息;

(4) 可靠数据管理。系统对采集的原始数据和应用数据进行分类存储和管理,对数据的完整性、正确性进行检查和分析,提供数据异常事件记录和告警功能,保证原始数据的唯一性和真实性,提供完备的数据备份和恢复机制;

(5) 开放性和标准化。系统可以采用开放系统标准,系统采用面向对象的设计和编程方法,模块化设计思想,分层开发,框架独立,扩展性强,为外部系统的接入和集成提供无缝集成。系统可以同时接入不同厂家生产的符合国家和国际上电力相关通信协议标准的计量能源管理终端和电能表;

(6) 系统安全性。系统中用户数据进行加密,系统中的节点,服务都按用户的权限来配置重要的控制功能,只有授权用户才能访问本系统;

(7) 职能部门通过访问网页按照行业、企业查询能源消耗超标的用户,督促其查找原因,科学发展,节能降耗。

## 3 基于无线传感网络的智能抄表系统技术解决方案

基于无线传感网络的低压集抄系统将实现居民用户的用电信息自动采集。根据系统建设的实际要求和实际情况,确定建设方案和技术路线。建设方案包括系统主站、通信信道、现场终端三部分。

(1) 主站建设方案。系统主站部署采用集中式建设和分布式建设两种方式。两种方式的方案视接入用户的数量多少而定。在建设初期,宜采用集中式建设,当用户的数量超过200万户,宜采用分布式系统建设方案。

(2) 通信方式。通信信道建设是该能源管理系统中的关键部分,远程通信(系统主站到用户终端)方式主要采用GPRS无线公网和光纤以太网的方式。本地信道(用户采集终端到计量产品端)以UNIT无线传感网络和RS485为主,具体应用方案可以根据用户的特点以及计量表计产品的特点而定。

根据用户分布情况和UNIT无线传感网络的技术特点,本地设备组合采用:数据集中器+UNIT采集器+RS485电能表。

如需抄读表箱电流、电压,本地设备组合采用:数据集中器+UNIT采集器+三相电能表(表箱)+RS485电能表。

### 3.1 集中器+采集器+RS485电表模式

该方案配置配变台区三相四线制多功能电表一只,1000个单相居民用户和200个三相居民用户安装有RS485电能表,表计集中安装在多个计量表箱内,

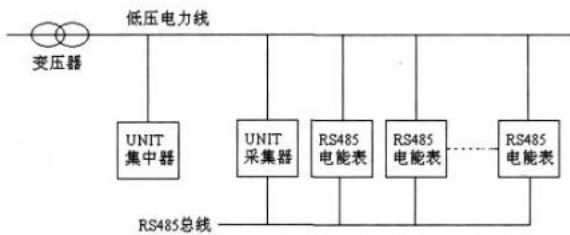


图1 集中器+采集器+RS485电表模式

Fig.1 The mode of concentrator vs acquisition unit vs RS485 meter

如图1 所示。

对集中器及采集器设置如下参数：

- (1) 配置1只台区总表、1200只单相RS485表地址信息到集中器；
- (2) 集中器通过RS485方式定时采集台区总表数据并存储；
- (3) 采集器通过RS485方式分别定时采集1200只RS485表计信息，简易型采集器不进行数据存储，基本型表计进行信息存储；
- (4) 集中器通过UNIT无线传感网络方式定时采集采集器内相关信息并进行存储；
- (5) 集中器参数可通过主站下传及本地维护端口(RS232/红外)进行设置。采集器信息可由主站通过集中器进行设置也可通过本地维护端口进行设置；
- (6) 主站可通过远程信道实时点抄集中器、采集器下任意表计。

本模式采用无线传感网作为本地区域集中的通信信道，增加采集器环节，电能表自身具备RS485通信能力，在配变下配置一台集中器，实现和UNIT采集器通信、数据收集集中并远程传输到主站的功能。

采集器通过RS485方式采集电表数据。本模式下电表本身具备了RS485通信接口，但又不能构成大的区域集中。利用采集器将RS485接口连接范围内的电表小集中后，通过本地区域UNIT无线传感网信道再连接到集中器，形成一定规模的区域集中统一远程传输到主站。

本模式的特点是：

- (1) 不受台区的限制，可以跨台区使用集中器，降低成本；
- (2) 采集装置和计量装置分离，之间的RS485接口形式规范统一，易于分专业管理和施工，对计量装置本身无特殊要求；
- (3) 适应于已经有RS485接口的电表，不需要对表计进行更换，但要求表箱集中布置；
- (4) 集中器和采集器之间的本地信道(UNIT无线

传感网络)稳定可靠；

- (5) 有利于线损分析。

### 3.2 混合应用模式

在实际应用的现场环境复杂，很多情况下一个配变供电台区既有集中布置的计量表箱又有分散独立的计量表箱，在不想大面积更换表计的情况下可将分散的表箱内的电表换成UNIT无线表，构成上述典型应用的混合应用模式，如图2所示。

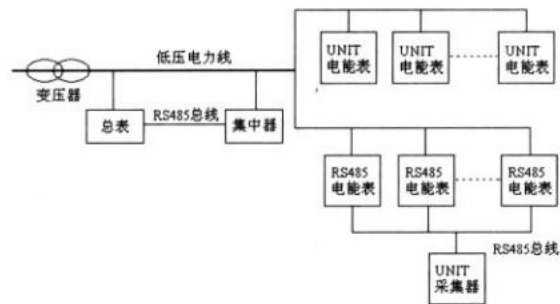


图2 混合应用模式

Fig.2 The hybrid application mode

## 4 结束语

要实现国家电网公司提出的“坚强智能电网”，实现信息的无损采集、流畅传输、有序应用，关键有两点，第一要建立自主的标准体系，第二要在关键技术上突破。目前我国无线传感网技术的研发水平已位于世界前列，在一些关键技术上处于国际领先；在国际传感网标准建立进程中具有越来越重要的地位，与德国、美国、日本等国一起，成为国际标准制定的主要国家。

在参与国际标准建立的过程中，最关键的一点是要掌握自有技术，在核心技术上有所突破。只有把好的标准提交国际组织，让其成为国际标准的一部分，充分地实现“走出去、引进来”才是中国传感网标准制定的正确方向。

## 参 考 文 献

[1] 艾芊, 吴俊宏, 章健. 智能电网中清洁分布式能源的优化利用策略[J]. 高电压技术, 2009, 35(11): 2813- 2819.  
AI Qian, WU Junhong, ZHANG Jian. Strategies for Optimal Use of Clean Distributed Energy in Smarte Grid [J]. High Voltage Engineering, 2009,35 (11);2813- 2819.

[2] 王明俊. 智能电网热点问题探讨[J]. 电网技术, 2009, 33(18): 9- 16.  
WANG Ming-jun. Some Highlights in Relation to Smart Grid [J]. Power System Technology, 2009,(18):9- 16.

[3] 李兴源, 魏巍, 王渝红, 等. 坚强智能电网发展技术的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(17): 1- 7.  
LI Xing-yuan, WEI Wei, WANG Yu-hong et al. Study on the development and technology of strong smart grid [J]. Power System Protection and Control,

2009,37(17): 1- 7.

[4] 苗新, 张恺, 田世明, 等. 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, TIAN Shi-ming, et al. Information Communication System Supporting Smart Grid [J]. High Voltage Engineering, 2009, 33(17): 8- 13.

[5] 项有建. 从互联到物联: 物联网本质初探 [J]. 软件工程师, 2009, (12).

[6] 魏佳杰, 郭晓金, 李建寰. 无线传感网发展综述 [J]. 信息技术, 2009, (6): 175- 178.

作者简介:



陈俊(1964-), 男, 汉族, 工学硕士, 现为湖北省电力试验研究院计量中心主任工程师, 高级工程师, 主要从事电能计量和电气测量技术方面的研究工作。

Email: chenjun1964@sohu.com



邓桂平(1981-), 女, 汉族, 工学博士, 工程师, 主要从事用电信息采集和高级量测体系技术方面的研究工作。

戴晓华(1977-), 男, 汉族, 计算机应用本科, 工程师, 现为杭州炬华科技有限公司总经理助理。

收稿日期: 2010- 5- 7  
(杨长江 编发)

(上接第 7 页)

表 2 部分剔除信号分量的参数估计值

Tab.2 Parameter estimations of some typical removed component

频率( $\Omega_c 2\pi$ ) /Hz	频幅 $I_i/A$	初相 $\psi_i(^{\circ})$	说明
50.99	7.201	163.71	基频 $f_0$ 分量
26.98	0.226	205.18	偏心故障信号频率 $f_{\sigma} f_r$ 分量
54.98	0.185	248.28	断条故障信号频率 $(1+2s)f_0$ 分量
47.24	0.182	76.24	断条故障信号频率 $(1-2s)f_0$ 分量
74.76	0.158	210.89	偏心故障信号频率 $f_0+f_r$ 分量
99.01	0.055	199.57	偏心故障信号频率 $f_0+2f_r$ 分量
22.76	0.057	83.56	偏心和断条信号干扰形成频率 $f_{\sigma} f_r-2sf_0$ 分量
43.00	0.038	330.15	断条故障信号频率 $(1-4s)f_0$ 分量
71.02	0.031	238.56	偏心和断条信号干扰形成频率 $f_0+f_r-2sf_0$ 分量
30.76	0.035	38.43	偏心和断条信号干扰形成频率 $f_{\sigma} f_r+2sf_0$ 分量

参考文献

[1] 张磊, 张春妍, 张进兴. 笼型异步电机转子故障检测及诊断方法 [J]. 电站系统工程, 2009, 25(2): 43- 45.

ZHANG Lei, ZHANG Chun-yan, ZHANG Jin-xing. The Fault Detection and Diagnosis Methods for Rotor Fault of Induction Motors [J]. Power System Engineering, 2009, 25(2): 43- 45.

[2] 刘振兴, 张哲, 尹项根. 异步电动机的状态监测与故障诊断技术综述 [J]. 武汉科技大学学报, 2001, 24(3): 285- 289.

LIU Zhen-xing, ZHANG Zhe, YIN Xiang-gen. A summary of on-line condition monitoring and fault diagnostics for 3-phase induction motors [J]. Journal of Wuhan University of Science and Technology, 2001, 24 (3): 285- 289.

[3] Li Jian, Stoica P. Efficient mixed pectrum estimation with applications to target feature extraction [J]. IEEE Trans. on Signal Processing, 1996, 36(2): 281- 295.

[4] Zheng-She Liu, Jian Li, Petre Stoica. RELAX-based estimation of damped sinusoidal signal parameters [J]. Elsevier Science B.V. Signal Processing, 1997, 62(3): 311- 321.

[5] 邵朝, 保铮. RELAX 算法的分辨特性分析 [J]. 电子科学学报, 1999, 21(4): 447- 454.

SHAO Chao, BAO Zheng. The Analysis Of The Resolution Characters Of

RELAX Algorithm [J]. Journal of Electronics, 1999, 21 (4): 447- 454.

[6] Li Jian, Stoica P, Zheng Dun min. Angle and waveform estimation via RELAX [J]. IEEE Trans. on Aerospace and Electronics Systems, 1996, 33(3): 1077- 1087.

[7] S.Umesh, D.W.Tufts. Estimation of parameters of exponentially damped sinusoids using fast maximum likelihood estimation with application to NMR spectroscopy data [J]. IEEE Trans. Signal Process, 1996, 44(9): 2245- 2259.

[8] 刘振兴, 尉宇, 赵敏, 等. 基于 RELAX 频谱分析方法的鼠笼式异步电动机转子故障诊断 [J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(22): 146- 150.

LIU Zhen-xing, WEI Yu, ZHAO Min, et al. Fault diagnosis way based on RELAX spectral analysis in squirrel cage induction motors [J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engineering, 2006, 26(22): 146- 150.

[9] 管致中, 夏恭恪. 信号与线性系统 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.

[10] Gough PT. A Fast Spectral Estimation Algorithm Based on the FFT. IEEE Trans. on SP, 1994, 42(6): 1317- 1322.

[11] 邱耀辉, 刘忠, 卢汝为, 等. CLEAN 算法在天文图像空域重建中的应用 [J]. 云南天文台台刊, 2000, 22(2): 1- 8.

QIU Yao-hui, LIU Zhong, LU Ru-wei, et al. The Application of CLEAN Algorithm to Astronomical Image Reconstruction Working in Spatial Domain [J]. Publications of Yunnan Observatory, 2000, 22(2): 1- 8.

[12] 刘浩, 吴季. RELAX 参数估计算法在雷达目标特征提取中的应用 [J]. 遥感技术与应用, 2004, 19(4): 262- 265.

LIU Hao, WU Ji. Application of RELAX Algorithm in Radar Target Feature Extraction [J]. Remote Sensing Technology And Application, 2004, 19 (4): 262- 265.

作者简介:

石超(1986-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电气传动及其信号处理。Email: shicloudly@163.com

尉宇(1972-), 男, 副教授, 研究方向为信号处理及其应用。

Email: weiyu\_yu@sohu.com

收稿日期: 2010- 05- 20  
(杨长江 编发)