

配电网智能监控管理远程抄表一体化系统

黄益庄¹, 李树军²

(1. 清华大学电机系, 北京 100084; 2. 北京清电华力电气自动化科技有限公司, 北京 100084)

摘要: 针对广大中小城镇和农村配电网的现状、存在问题和需求, 研发了配电网智能监控管理远程抄表一体化系统, 由配电主站、配电子站、配电终端、通信系统等组成。介绍了该系统的网络结构, 并详细介绍各组成部分的功能和特点。配电主站集成了配电 SCADA、配电管理、设备管理、远程抄表、故障诊断和故障报警以及配电 GIS 等综合功能。一体化系统实用性强、可节约用户投资、便于管理。该系统已成功地投入运行, 实践证明应用该系统可提高供电企业的运行管理水平和自动化水平、提高服务质量, 可取得明显的经济效益和社会效益。

关键词: 中低压配电网; 监控; 设备管理; 配电管理; 远程抄表; 一体化系统

Integrated system with intelligent monitoring management and remote metering for power distribution network

HUANG Yi-zhuang¹, LI Shu-jun²

(1. Department of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Beijing Qingdianhuali Electrical Automation Science-Technical Limited Company, Beijing 100084, China)

Abstract: Facing the current situation and problems of the widespread power distribution networks in small and medium-sized cities and country sides, for meeting their requirements, an integrated system with intelligent monitoring, management and remote metering is developed. This system consists of main distribution station, substations, terminals of distribution, communication system, etc. At first, the networking structure of the system is introduced. The functions and characteristics of different components are described in detail. The main distribution station has integrated the comprehensive functions of power distribution SCADA, distribution management, device management, remote metering, fault diagnosis, fault alarming, power distribution GIS, etc. It has been successfully operated in field and is easy to manage. It can also save investment for user. The practice has proved that it can improve the operation and management level and automation level of the power distribution company, can heighten the service quality and obviously raise the economic benefit and social benefits.

Key words: medium and low-voltage distribution network; monitoring; device management; distribution management; remote metering; integrated system

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)21-0083-04

0 概述

配电自动化这一术语, 是 20 世纪 90 年代美国提出的, 但迄今为止, 对配电自动化及其相关的一系列技术, 国际上尚无统一的定义和规范。国家经贸委 2002 年发布的 DL/T 814—2002《配电自动化系统功能规范》指出: 配电自动化系统是应用现代电子技术、通信技术、计算机及网络技术, 将配电网实时信息、离线信息等进行安全集成, 构成完整的自动化及管理系统等, 它是配电自动化与配电管理集成为一体的系统。

2002 年前后, 虽然“配电自动化”在国内也热门一阵子, 但实践结果无论从技术的成熟程度、从社会效益和经济效益诸方面远远不如 90 年代发展的变电站自动化, 因此未能推广应用。究其原因主要是前几年把“配电自动化”的重点放在 10 kV 的馈线自动化上, 忽略了对负荷侧设备的监控管理。而实现馈线自动化对配电网结构、一次设备、通信网络要求高, 投资大, 只适合一些大城市或发达地区试点, 不易推广。

2009 年国家电网公司提出建设坚强智能电网, 于 2009 年 11 月 2 日发布并实施的 Q/GDW 370—2009

《城市配电网技术导则》、2009年11月20日印发的《配电自动化试点建设与改造技术原则》，这两个文件明确其适用范围是城市配电网，且是中压配电网。

对于量大面广的中小城镇和广大农村配电网目前自动化水平和管理水平普遍还比较薄弱，尤其是面向用户的低压配电网，这些地区该如何根据其实际情况进行配电自动化的建设和改造？目前研究的很少，有关配电自动化和配电管理的文件和已发表的文献也很少有论述。而这些配电网也是实现智能电网的重要基础之一，是与用户互动的重要环节。

1 研究意义

配电网范围很广，城市和农村配电网的结构、负荷特点有很大不同，对配电自动化系统的功能要求必然有很大的区别。现在不少中小城市尤其是农村配电网的设备仍比较陈旧，运行和管理人员技术力量比较薄弱。随着大量高新技术产品的推广应用，不少生产高新产品的企业在中小城市和县级落户与大量家电下乡的形势，使用户对供电质量和供电可靠性的要求也越来越高，有时电源的瞬时中断也会导致不可挽回的损失。传统的技术和管理手段已无法适应新形势的需求。

目前有关配电网自动化的产品和系统种类很多，例如：馈线自动化设备 FTU、配电监测终端 TTU、DTU 等；在配电管理方面，有集中抄表系统、营销管理系统、信息管理系统等等，这些系统多数都是分散设立的，既增加用户投资，也不方便管理。目前广大城镇和农村供电企业，基层管理人员和员工计算机水平普遍不高，种类繁多、运行维护工作量大，只会使基层工作人员不知所措，入手困难。

针对全国量大面广的中小城市及农村配电网的现状、实际情况和需求，清华大学和北京清华华力电气自动化科技有限公司，专为这些供电企业和客户群研发一套技术先进、集成功能强、性价比高、实用型的配电网监控和配电管理集成系统——“THPS-2000 配电网监控管理远程抄表一体化系统”。可满足全国各地中、小城市及农村等各级配电网提高自动化水平和管理水平的迫切需求。该系统把配电监控、配电管理、设备管理和集中（远程）抄表集成为一体，可节约用户投资，也便于用户管理，能大大减轻运行人员的工作负担。系统结构充分考虑可伸缩性、可扩展问题，根据配电网的特点量身定制，实用性强，性价比才能高。

2 一体化系统网络结构

配电网智能监控管理及远程抄表一体化系统由配电主站、配电子站、配电终端、通信系统组成，网络结构如图 1 所示。

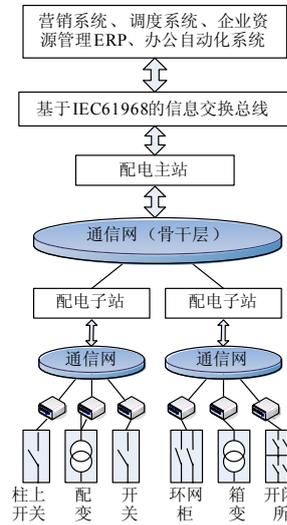


图 1 一体化系统的网络结构

Fig.1 Networking structure of integrated system

系统主要实现配电 SCADA、馈线自动化 FA、远程抄表、配电管理、设备管理、配电 GIS 等功能。系统借助光纤、GPRS、CDMA、3G、电力载波等多种通信手段，实现数据采集、远方控制，通过就地型或集中型馈线自动化（根据实际情况选用），实现故障区段的快速切除与自动恢复供电；通过信息交换总线与外部系统进行互连，整合配电信息，外延业务流程，建立完整的配网模型，扩展和丰富配电自动化系统的应用功能，支持配电调度、生产、运行以及用电营销等业务的闭环管理。可以根据需要扩展对分布式电源/储能/微电网等接入，通过电网分析应用软件实现配电网的自愈控制和经济运行分析，实现与上级电网的协同调度以及与智能用电系统的互动。

3 配电主站的功能^[1]

配电主站的基本功能包括配电 SCADA、远程抄表、配电管理、设备管理、故障诊断和故障报警、配电 GIS 等功能。

3.1 配电 SCADA

(1) 可对中低压配电网(20 kV~380 V) 的馈线、开关站、配电室、环网柜、箱式变电站、柱上开关、配电变压器等的运行工况、运行参数、潮流方向进行实时监控并进行记录、显示。

(2) 在保证图形、拓扑来源唯一性的前提下,具备下列功能:数据采集、状态监视、远方控制、交互操作、智能防误操作、图形显示、越限告警、事件顺序记录、事故追忆、数据统计、报表打印和配电通信网络工况监视等。

(3) 对供电质量进行实时监视,分析并计算电压合格率、三相电压不平衡度、三相负荷不平衡率等,遇有越限便发告警信息。

3.2 远程抄表(集中抄表)

(1) 通过无线或电力载波的方式,对所有大用户的电子式电能表进行远程抄表,可分别将智能电表的有功电能、无功电能等行码及电能量的平、峰、谷值远传至监控主站,同时采集用户的电流、电压、有功、无功等实时运行参数,对大用户进行实时监视。

(2) 采用集抄器,通过无线或电力载波的方式,对普通用户的智能电表进行远程抄表,并上传到配电子站或主站层。

(3) 可把抄表数据送至营销系统,大大减少营销系统录入的工作量。

记录的数据齐全、准确、记录表格可读性好,可明显减轻抄表员现场抄表的劳动强度和工作量。

3.3 配电管理

(1) 负荷趋势监测:可记录和显示实时及历史对比负荷曲线。

(2) 负荷管理:提供每台台变和每回馈线的负荷分配情况与全所各回线的负荷比例,为供电部门进行负荷管理和负荷控制提供科学的依据。

(3) 拓扑分析:在系统发生事故跳闸时,可直观地显示受影响的变压器、线路等情况。

(4) 计划检修作业:对用户报修形成记录。可提供供电企业所需两大类型的工作票和操作票的编辑和打印功能,从而提高了运行管理人员的工作效率和操作的准确性。

(5) 供电可靠性统计:统计停电时间,跳闸次数。

3.4 设备管理

(1) 建立基于地理信息系统上的电力设备维护监视系统,可以统计出馈线上任何节点后面的专用台、客户名称、联系方式等信息。

(2) 为每回馈线的设备(台变、柱上开关等)建立了设备台帐和报修记录。

(3) 对配电终端设备和智能电表以及通信模块的运行情况实时监视和故障诊断,以提高系统自身的可靠性和智能化水平。

(4) 本系统提供设备管理索引、摘挂牌操作、设备台帐、报修管理等各种画面可供用户查看。

3.5 故障诊断和故障报警

(1) 当检测并判断到系统发生事故时,立即在监控机屏幕上显示受故障影响区域和受影响设备,对故障区域和受影响设备着色。

(2) 当系统发生事故时,可发短信给有关检修人员,可明显缩短检修时间和停电时间。

3.6 配电GIS

配电 AM/FM/SCADA 系统进行了一体化的设计^[2],将地图、配网设备信息和设备台帐等属性进行了有机结合、统一管理,在传统的 SCADA 基础上可以实现以下功能:

①图形界面分层管理;②动态配电区域着色;③动态网络拓扑;④电源点追踪分析;⑤基于 GIS 的设备管理;⑥基于 GIS 的配电生产管理;⑦基于 GIS 的设备在线维护。

4 配电子站

配电子站可设置在变电站或开关站中,集数据采集、数据监控、数据转发和规约转换等多种功能于一体,将变电站内 RTU 和户外各种终端的数据信息进行汇集、过滤、处理后上传给配电主站,将主站下达的命令转发给有关的配电终端。主要包含以下功能:①终端数据的汇集与转发;②远程通信功能;③终端通信故障检测与上报;④远程维护和自诊断能力;⑤信息存贮功能;⑥人机交互功能。

5 配电终端

配电终端主要指用于开关站、配电室、环网柜、箱式变电站、柱上开关、配电变压器、线路等配电设备的监测和控制装置。为适应智能配电网对提高供电质量的需求,专门开发了以下几种有特色的配电终端设备。

5.1 配电监测终端(TTU)

TTU 主要适用于配电变压器、箱式变的监控,为提高配电监测终端的功能和应用范围并能减少用户的运行费用,专门设计了双路的 TTU 装置,其主要特点是:一表多用,有利于计算线损和变压器损耗,也可减少采用无线通信的运行费用。

①可同时测量和监视配电变压器高低压两侧的远行工况和三相 U 、 I 、 P 、 Q 、 $\cos \phi$ 等运行参数;②可测量和监视两回线路的远行工况和上述运行参数;③电能质量监视:电压越限告警、过负荷告警、电压合格率统计、三相不平衡度计算和统计;④通过维护终端进行本地维护和接受主站、子站的远程维护;⑤可内置无线通信模块,实现与子站或主站系统通信。

5.2 电能质量智能监控装置

电能质量智能监控装置可安装于配电变压器低压侧或配电线路,可自动实现对配电变压器或配电线路运行参数、运行状况的在线监控、电能质量在线分析、无功补偿电容器的三相共补和分相补偿的优化控制和谐波控制功能。具有电压越限告警、电压合格率分析、统计、三相电压不平衡度分析计算和告警、过负荷告警、三相负荷不平衡度计算分析和告警,具有1~32次电压、电流的谐波分析和监视功能,计算各次谐波含量、总谐波含量及谐波总畸变率。

6 通信方式的选择

配电自动化系统通信方式的选择应和该系统应用功能紧密结合,根据重要性程度选择,将多种通信方式进行合理搭配,既满足配电自动化系统整体性能指标要求又可取得最佳的性能价格比。组网方案如下:

①配电主站和配电子站层之间的通信:是配电自动化的总动脉,在容量、速率上有较高的要求,宜采用光纤通信、同步数字通信网络SDH。可将配电主站、配电子站置于SDH光环链路上,形成高速数据传输网。

②配电子站与FTU之间的通信:城区馈线自动化的通道要求可靠、快速,宜选用光纤通信方式。有些重要的场合,还须考虑双通道甚至采用两种不同的通信方式。

③配变终端TTU的通信方式:配变TTU的数量较多,分布范围大,运行环境复杂,TTU对通信实时性的要求相对FTU较低。从经济性实用性上考虑,可以采用无线通信方式(GPRS或CDMA)。利用移动公司成熟的无线通信网络实现和配电主站通信。

④集中抄表的通信方式:由于专用的智能电能表分散安装且只需定时采集,故可采用无线通信方式或电力线载波。

7 应用该一体化系统的优越性

配电网智能监控管理及远程抄表一体化系统集成实时监控、设备管理、配电管理和远程抄表为一体,综合功能强,性价比高,其监控范围覆盖了20kV~380V的全部供用电设备。现场运行实践证明,能够明显地给供电企业带来以下经济效益和社会效益。

7.1 提高供电企业的经济效益

(1)通过自动化和规范化管理,大大提高了配电生产管理部门的工作效率,促进服务质量和企业经营效益的提高。

(2)提高供电局的自动化水平,明显地减轻运行人员的劳动强度,改善劳动条件、保证人身安全。

(3)提高供电可靠性和供电质量,即时发现故障、缩短故障修复时间,使供电企业和用户双方受益。

(4)明显地提高供电企业的运行管理水平,原来不少供电所对其管辖下馈电线路和每台台变运行情况的了解只有通过抄表员每月一次抄表;高峰负荷时,为防止三相严重不平衡,需有运行人员拿钳型表爬上电线杆去检查三相电流。现在利用THPS-2000一体化系统的实时监控功能,值班员在值班室,所长在自己的办公室通过计算机屏幕就可以清楚地了解每回馈电线路(包括380V线路)和每台台变的运行情况和运行参数。

(5)远程抄表可减少大量人工抄表工作量,节约人力成本;抄表数据可以传送给营销管理系统,实现数据共享,可免去大量人工录入的工作量。

(6)有利于防止偷电和漏电,提高供电企业的经济效益。

7.2 提高供电企业服务质量

(1)通过配电网的自动化管理,降低了事故率,提高了电网运行的安全稳定性,为电力行业的优质服务打下基础。

(2)对用户的故障报修能够做出准确和及时的反应,大大缩短了检修时间,提高了企业服务的质量。

7.3 明显的社会效益

中低压配电网是未来智能电网的重要组成部分,它直接面向千家万户,是供电企业和用户互动的桥梁和基础。其研究和实施符合智能电网的发展方向。

8 结论

根据我国广大中小城镇和农村配电网一次设备的具体情况和特点,把配电网监控管理及远程抄表集成为一体化的系统,现场运行实践证明其设计理念正确、系统实用性、可扩展性、可维护性和稳定性好、性价比高、可节约投资、方便用户管理。

该系统在供电局投运结果表明,其功能实用、可明显地提高供电企业的管理水平和自动化水平、减轻运行人员的工作量和劳动强度,对提高供电可靠性和供电质量、及时发现故障、缩短故障修复时间很有好处。

该系统的推广应用,符合智能电网信息化、数字化、自动化、互动化的发展方向。

(下转第90页 continued on page 90)

3 结论

本文通过探讨智能电网的体系中, 电动汽车智能化充电站(场)的子系统组成的要素, 包括充电系统智能化网络结构、智能充电机、自愈配电、高级量测等系统的特征, 通过一个纯电动公交车系统为例子, 深入探讨了电动汽车智能充电站具有的快速脉冲充电的能力, 灵巧潮流控制的特点, 有均衡输入功率的特征, 高效的系统使用效率, 并可对局域配网提供紧急功率和峰荷的电力支持的有关问题的研究。建议电动汽车智能充电站的研究和建设必须纳入到国家的“统一坚强的智能电网”的战略目标和技术体系中去, 在电动汽车充电站通用技术规范、通信协议和潮流控制技术等方面与智能电网形成一个有机的整体。

参考文献

[1] 滕乐天, 姜久春, 何维国. 电动汽车充电机(站)设计[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
TENG Le-tian, JIANG Jiu-chun, HE Wei-guo. Electric bus charge station design[M]. Beijing: China Electric Press, 2009.

[2] 国家电网公司. Q/GDW 233~238-2009. 电动汽车充电站通用技术要求, 等[S]. 北京: 国家电网公司企业标准, 2009.
National Power Grid. Q/GDW 233~238-2009. Electric vehicle charging station general technical requirement, etc[S]. Beijing: National Power Grid Enterprise Requirement, 2009.

[3] 钱良国, 郝永超, 肖亚玲. 锂离子等新型动力蓄电池成组应用技术和设备研究最新进展[J]. 机械工程学报, 2009, 45 (2): 2-11.
QIAN Liang-guo, HAO Yong-chao, XIAO Ya-ling. The latest development of the group application technology & equipment of Li-Ion batteries[J]. Journal of Mechanical

Engineering, 2009, 45 (2): 2-11.

[4] 姚建歆, 王媚, 罗伟明. 电动汽车充电系统建设应用分析研究[J]. 华东电力, 2008, 36 (8).
YAO Jian-xin, WANG Mei, LUO Wei-ming. Construction and application of charging systems for electric mobiles[J]. East China Electric Power, 2008, 36 (8).

[5] 李慧琪. 纯电动汽车运营模式及经济性探讨[J]. 科技管理研究, 2007 (7).
LI Hui-qi. Pure electric vehicle operation mode and economic investigation[J]. Science and Technology Management Research, 2007 (7).

[6] 金一丁, 宋强, 刘文华. 电池储能系统的非线性控制器[J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (7).
JIN Yi-ding, SONG Qiang, LIU Wen-hua. Nonlinear controller for battery energy storage system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33 (7).

[7] Byoungwoo Kang, Gerbrand Ceder. Battery materials for ultrafast charging and discharging[J]. Nature, 2009, 458 (12).

[8] 王震坡, 孙逢春, 林程. 电动公交客车充电站容量需求预测与仿真[J]. 北京理工大学学报, 2006, 26 (12).
WANG Zhen-po, SUN Feng-chun, LIN Cheng. Forecasting and simulation of the distribution capacity of E-bus charge station[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2006, 26 (12).

收稿日期: 2010-06-03

作者简介:

李瑞生(1966-), 男, 硕士, 教授级工程师, 从事继电保护方面的研究; E-mail: ruishengl@xjgc.com

王晓雷(1963-), 男, 博士, 教授, 从事电力电子领域研究;

周逢权(1969-), 男, 博士, 教授级工程师, 从事智能电网方面的研究。

(上接第 86 页 continued from page 86)

参考文献

[1] 李苏苏. 配电自动化规划及主站系统实施探讨[C]. //贵州省电机工程学会 2007 年优秀论文集. 2007: 150-152.
LI Su-su. Study for the power distribution automation planning and main station implementation[C]. //Excellent Papers Collection of 2007 Guizhou Province Electrical Engineering Society. 2007: 150-152.

[2] 朱毅, 周君. GIS 与 SCADA 集成中一体化技术的研究[J]. 计算机与数学工程, 2007, 35 (3): 22-23.

ZHU Yi, ZHOU Jun. Study of integration technique for GIS and SCADA[J]. Computer and Mathematic Engineering, 2007, 35 (3): 22-23.

收稿日期: 2010-06-30

作者简介:

黄益庄(1938-), 女, 教授, 主要研究方向为电力系统自动化、电能质量分析与控制; E-mail: Hyz-dea@tsinghua.edu.cn

李树军(1981-), 男, 工程师, 主要从事中低压配电网自动化与配电网管理系统研究。