

# 城市配电自动化建设经验与风险管控

戚永为<sup>1</sup>, 杨春晖<sup>1</sup>, 陈雯<sup>2</sup>, 李志铿<sup>2</sup>

(1. 深圳供电局有限公司, 深圳 518033; 2. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

**摘要:** 随着用电需求的多样化, 用户对电能质量、电力可靠性的要求越来越高, 传统配电网由于缺乏测控手段, 已无法满足这一需求。配电自动化通过实时监控、保护与控制, 使得配网更加安全、可靠和高效, 已经成为当前配网技术发展的趋势。在国内经济发达和电网先进的地区, 配电自动化试点早在2008年就已经开启, 至今已近十年。以最早启动配电自动化的地区为例, 通过梳理配电自动化发展的现状、可靠性效益, 以及存在的主要问题, 对从前期决策至运营的配电自动化项目管控提出切实可行的建议, 为其它地区配电自动化工作的持续开展提供参考意见。

**关键词:** 配电自动化; 可靠性效益; 建设经验; 风险管控

中图分类号: TM76

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2017)S1-0068-05

## Experience and Risk Control of Urban Distribution Automation Construction

QI Yongwei<sup>1</sup>, YANG Chunhui<sup>1</sup>, CHEN Wen<sup>2</sup>, LI Zhikeng<sup>2</sup>

(1. Shenzhen Power Supply Co., Ltd., Shenzhen 518033, China;

2. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China )

**Abstract:** With the diversification of electricity demand, users' requirements of power quality and power reliability are getting higher, the traditional power grid is unable to meet the new electricity demand. And distribution network automation has become an inevitable trend. The real-time monitoring, protection and control of the distribution network can make the distribution network more secure, reliable and efficient. Some domestic areas where economy is developed and power grid is advanced, pilot project of distribution network automation pilot has been carried out in 2008. In this paper, we took pilot project as an example and studied the status of distribution network automation, the reliability benefits distribution network automation brings, and summarized from the early decision-making stage to the operation in conducting the distribution network automation project. This paper can provide guidance for carrying out distribution network automation in other areas.

**Key words:** distribution automation; reliability benefits; construction experience; risk control

随着社会用电量的不断增长, 用户的用电需求也在不断变化, 对于电能质量、电力可靠性的要求越来越高, 传统电网已经无法适应新的用电需求。通信技术、计算机及网络技术的发展催生了配电自动化技术, 实现配网的实时监控、保护、控制, 使得配网更加安全、可靠和高效<sup>[1-2]</sup>。

在国内最先应用配电自动化技术的地区, 配电

自动化的时点早已展开, 以S市为例, 2008年开启试点区建设配电自动化系统, 2011年逐步将配电自动化建设推广至其他区网架结构成熟的核心区域, 2013年该市的的核心区域配电自动化建设得到规划落实。

根据电网公司的“十三五”规划及发展方案, 电网公司筹备推进配电自动化规划、建设、运维及监控工作, 推进五省区配电网光纤通信网的建设和应用, 满足创新、创先发展和市场化竞争的需要。全面推进配电自动化的实用化, 提高配网供电可靠性, 减少售电损失, 提高整个配电网的运行经济效益, 提高配网运行和管理水平, 降低运行维护成

收稿日期: 2017-04-07

作者简介: 戚永为(1984), 男, 湖北仙桃人, 经济师, 硕士, 主要从事电网基建及小型基建的投资规划、投资计划及投资评价管理的工作(e-mail)1352822629@qq.com。

本, 是实现电网公司上述发展战略的重要手段。本文旨在全面分析某市配电自动化的发展现状, 分析目前存在的问题, 为推进配电自动化建设提供实践指导。

## 1 S 市配电自动化发展概况

该市配电网自动化经历了三个阶段: (1) 实施的初始阶段; (2) 配电网络日趋完善、电力供应相对充足、变电站布点合理、配电设备能满足电网安全运行需求的阶段; (3) 配电网自动化系统实现了对配电网运行工况的实时监测<sup>[3]</sup>。本章通过自动化全覆盖、主站可用率、通信可用率三个指标来分析发展现状<sup>[4-5]</sup>。

### 1.1 自动化全覆盖

配电自动化主站可用率主要反映系统各功能模块运行情况。根据统计情况, 截至 2016 年 9 月, 该市配电自动化终端规模 5 592 台, 其中“三遥”终端 1 462 台, 分段(界)断路器 1 586 台, 自动化覆盖率达 57.1%。

### 1.2 主站可用率

主站可用率主要反映主站各功能模块的使用情况。配电自动化主站系统从 2010 年试点运行, 经过 2012 年主站系统升级改造, 目前为止总体运行情况稳定。截至 2016 年 9 月, 该主站系统的可用率几乎都为 100%。各功能模块运行正常, 各项功能得到了充分利用, 实现了预定目标。2013 年主站系统可用率下降的主要原因是发生主站系统软件问题, 同时出现了遥控功能不可用的情况。经过运行部门的技术检修, 故障得到了及时处理, 未对自动化监控造成严重影响。

配电自动化主站系统经过多年运行, 系统也在不断的完善。系统运行部十分重视配电自动化主站系统功能开发与优化, 定期在全局范围内调研系统运用情况, 收集各区局使用反馈, 依据各区局使用要求对系统进一步功能开发与优化, 使得系统更贴合工作需求。

### 1.3 通信可用率

该市 2012—2015 年光纤通道可用率(光纤终端在线率)和 GPRS 通道可用率的统计结果如表 1 所示, 2013 年配电自动化建设规模扩大, 但光纤接入比率低, 影响光纤通道可用率指标, 在加大建设及入网力度之后, 光纤通信网络运行稳定, 光纤通道

可用率基本稳定。2013—2015 年该市配电自动化 GPRS 通道可用率增长情况不明显, 主要原因是 GPRS 无线公网通信不稳定, 致“一遥”、“二遥”终端在线运行率低。配电房基本都在地下负一层或负二层, GPRS 信号覆盖率差, 无线通信不稳定, 存在时通时断问题。

表 1 通信可用率统计表

年份	光纤终端在线率	GPRS 通道可用率
2012	99.50	82.00
2013	94.30	83.20
2014	96.70	87.60
2015	96.40	83.60

## 2 配电自动化的可靠性效益

配电网自动化的效益包括可靠性效益、经济效益、管理效益和社会效益<sup>[6-8]</sup>。本章从故障定位及快速复电、不停电合环转供电以及实时监控三个角度进行可靠性效益分析<sup>[9]</sup>。

### 2.1 故障定位及快速复电

故障复电时间、故障定位成功率、快速复电成功率、断路器动作成功率和遥控成功率的指标统计如表 2 所示。

表 2 故障定位及快速复电情况统计表

年份	故障复电时间/m	故障定位成功率/%	快速复电成功率/%	断路器动作成功率/%	遥控成功率/%
2012	-	60	-	-	88
2013	4.7	73.80	-	93.80	77.50
2014	5.3	93.90	-	95	84.60
2015	6.2	94.60	81	95	88.70
2016 (1-9月)	6.3	97.40	94.90	98	-

2013—2016 年 9 月, 该市配电自动化故障复电时间呈上升趋势, 但是这个指标仅统计配电自动化覆盖区域。根据统计, 2015 年未覆盖区域线路故障平均复电时间 74.9 m, 配电自动化覆盖区域较未覆盖区域的线路故障平均复电时间缩短 91.7%, 配电自动化建设极大地降低故障复电时间。

自 2012 年以来, 故障定位成功率逐步攀升。故障定位不成功的原因包括以下几个方面: (1) 因

施工单位安装环网柜 CT 不全,无法监测故障;(2)户外站点终端设备电源不可靠;(3)GPRS 信号覆盖率差,无线通信不稳定,存在时通时断情况;(4)户内站点终端电源中断;(5)终端程序问题。

快速复电成功率指标自 2015 年才开始统计,根据 2016 年 1—9 月的数据,快速复电成功率已达到 94.90%。

该市配电自动化断路器动作成功率在 2013 年至 2016 年 9 月逐年提高。通过对遥控不成功的案例进行分析,造成遥控失败的原因如下:(1)因设备原因终端电源失电;(2)因信号不稳定造成通信中断;(3)施工单位未安装辅助节点;(4)施工单位未安装电动操作机构;(5)因与主站系统连接问题造成图形与现场不一致。

## 2.2 不停电合环转供电

常规配电网的转供电操作流程均为先全线停电,合闸联络开关后,将本线路的部分负荷转移至联络线路。这一过程一般导致用户的短时停电,对部分重要用户和商业用户造成一定经济损失。然而,依赖配电自动化系统的不停电合环转供电功能,转供电操作可以避免导致用户短时停电,从而大幅提高电力用户,尤其是重要用户和商业用户的满意度。此外,远程操作也进一步保障了运行人员现场操作作业的安全。

截至 2016 年 9 月,该市配电自动化系统共成功完成了 200 余次不停电合环转供电的远程遥控操作。

## 2.3 实时监控

该市配电自动化系统建成后,主要配电开关的开合状态、环网柜柜门开闭状态、线路的电压和电流均能实现远程实时监控,从而为配网的相关运行人员制定转供电方案和停送电方案提供快速和准确的数据支持。

# 3 配电自动化存在的问题

## 3.1 施工图设计质量问题

设计合理性有待提高。包括 DTU 安装位置不够合理;围栏设置不够合理;户外潮湿环境中的环网柜未选用密封式继电器、固态继电器,后续运行环境中易氧化;设备选型未做好等。

设计应加强现场踏勘。包括设计图中定点安装位置没有明确标识;项目施工图中改造明细表的回路与单线图不符;对于配电自动化改造点位,DTU

电源点的选择,设计未明确取电的具体位置及电缆走向等。

设计技术力量有待加强。设计单位配电自动化专业设计人员少,技术力量薄弱,需提高设计服务质量,进一步提高设计技术能力。

## 3.2 施工质量问题

设备安装不规范。包括单相电流互感器安装不规范;开口式电流互感器安装不平整,会影响磁路,导致遥测数据不准确;开口型电流互感器安装前,未对开口处进行防锈处理;二次线引出、进入线口未及时封堵,导致老鼠、蟑螂或其他动物进入设备箱,破坏线缆;同一段二次线路未按标准打印号码管,增加后期维护难度;施工完成后,未及时拆除端子排上的短接片,造成电流互感器二次回路短接,无遥测信号;二次接线端子被短接,导致遥测信号无法上送;未投连接片造成 CT 开路,导致遥测信号无法上送;光纤线路安装完毕后没有按照规定盘绕在相应位置,易受通信线路端子箱开合动作压折,致通信中断等。

施工单位施工技术能力仍需进一步提高。目前根据配电自动化项目对施工单位投标人资格的要求之一,具备电力工程施工总承包或输变电工程专业承包叁级及以上资质,且具备承装类《承装(修、试)电力设施许可证》三级及以上资质,即可参与项目投标。项目招标公告未需要施工单位提供近几年承担过的配电自动化施工业绩。从目前配电自动化项目的施工经验看,施工单位承担配电自动化施工工作较少,配电自动化施工经验少,施工队伍技术力量薄弱,造成设备安装典型错误问题频发,施工质量大打折扣,最终造成项目投运后运维缺陷整改工作量激增。

## 3.3 运行问题

随着自动化系统地逐步建设,GPRS 通道可用率增长情况不明显,主要原因是 GPRS 无线公网通信不稳定,致“一遥”、“二遥”终端在线运行率低。配电房基本都在地下负一层或负二层,GPRS 信号覆盖率差,无线通信不稳定,存在时通时断问题<sup>[10]</sup>。

故障定位率不高,主要原因包括因施工单位安装环网柜 CT 不全,无法监测故障;户外站点终端设备电源不可靠;GPRS 信号覆盖率差,无线通信不稳定,存在时通时断情况;户内站点终端电源中断;终端程序问题等。

遥控成功率不高, 主要原因包括因设备原因终端电源失电; 因信号不稳定造成通信中断; 施工单位未安装辅助节点; 施工单位未安装电动操作机构; 因与主站系统连接问题造成图形与现场不一致。

## 4 风险管控建议

### 4.1 质量方面

配电自动化系统涉及数量庞大的终端设备、开关设备和通信设备。由于建设周期短, 上述设备的生产商若存在简化产品的质检环节, 甚至是不进行产品的老化试验, 则往往导致产品的供货质量不能满足项目要求。

为此, 应采取以下措施防范供货设备的质量风险<sup>[11]</sup>: (1) 进一步加强验收环节的管控, 制定并执行严格的检验流程和标准; (2) 制订相关的管理规定和建设计划, 允许设备供应商分批供货, 业主单位分批检验, 建设方分批施工, 从而缓解设备供应商的供货压力; (3) 进一步加强施工验收环节的管控, 通过制定完善、严格的现场验收制度, 保证项目施工质量。

### 4.2 进度方面

配电自动化终端的部署和安装需要多人配合, 需要停电接入。同时, 存在开关设备安装和通信部分工程进度不协调的问题。为此, 为保证项目建设进度, 应采取以下措施防范进度风险: (1) 与设备供应商和建设单位签订设备的安装和调试协议, 由设备供应商和施工单位负责设备的安装和调试工作; (2) 在具备通信部分施工条件的基础上, 可优先考虑开展通信项目的施工, 为终端接入提前打好通信基础, 保证施工进度按计划完成; (3) 安排合理的停电计划, 采取并行施工的方式提高工作效率, 减少计划停电对用户的影响; (4) 提高项目建设的标准化程度, 降低安装部署工作对人员技术水平的要求, 提高工作效率; (5) 在具备条件时采取带电作业方式进行施工建设, 为全天候施工创造条件。

### 4.3 运行管理方面

后期配电自动化系统, 尤其是终端设备的运行维护, 对整体系统的实用化至关重要。而且, 目前往往存在运行人员配电自动化设备维护技能差, 运行人员在规划和建设中参与程度较低等管理问题。为了保证运维质量, 可采取以下措施<sup>[11]</sup>: (1) 明确

组织框架和责任划分, 设立相应的组织机构, 制定相关技术标准; (2) 制定配电自动化运维方面的人员培训和配置计划, 培养运行维护检修人员, 为培养优秀高效的配电网自动化专业队伍提供初步。

### 4.4 主站系统方面

由于配电自动化系统依赖主站系统进行开关的集中控制, 其数据集中、准确性要求高, 因此, 规避数据的安全风险至关重要。此外, 随着配网规模的扩大, 主站系统的软硬件必须相应的持续扩展, 但可能导致系统响应速度下降, 运行效率降低, 系统可用率降低等问题。

针对这一问题, 可通过对主站系统进行软件升级、提升硬件设备的档次和规模, 在数据层进行分流分层的分布式处理, 以及通过采集集群化等方式提高主站系统的可靠性和数据处理能力。此外, 为有效提高数据处理能力, 应根据主站系统的扩展规模, 采用分区数据库的管理模式<sup>[11]</sup>。

随着配电网系统的逐年扩展和网络结构的日趋复杂, 根据配电网规模和应用需求, 可扩展数据采集及 SCADA 服务器, 远期也可考虑设置配电网自动化后备主站系统。

### 4.5 通信系统方面

通信系统是配电自动化的基础支持平台, 也是配电自动化系统施工过程最为复杂和最重要的环节。目前配网通信基本没有可利用的现存系统, 寻求合适的配网通信建设模式, 一方面需要进行各种通信方式的试点应用, 另一方面需要进行大量的现场勘察工作, 对采用公网无线通信的站点, 应进行分时段信号测试, 并与公网运营商签订无线信号质量保证协议。对采用光缆通信的站点, 对街道、电缆沟等环境进行详细勘测<sup>[12]</sup>。

## 5 结论

本文以某市配电自动化的建设为例, 分析区域配电自动化的发展现状和可靠性效益, 同时指出发展过程中存在的问题。目前, 自动化覆盖率已达到 57%, 主站系统还有可优化的空间, 通信可用率高, 但 GPRS 无线公网通信不稳定。配电自动化的可靠性效益显著, 能够极大地降低故障复电时间, 不停电合环转供电不仅提高可靠性, 还能提高操作安全性, 实时监控能够提供数据分析。配电自动化的问题主要集中在设计和施工阶段, 项目实施需要

从质量、进度、运行管理、主站系统、通信系统五个方面进行解决。

#### 参考文献:

- [1] 王士政. 电网调度自动化与配电自动化技术: 第2版 [M]. 北京: 水利水电出版社, 2006: 32-44.
- [2] 王海燕, 曾江, 刘刚. 国外配电自动化建设模式对我国配电网建设的启示 [J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(11): 125-129.  
WANG H Y, ZENG J, LIU G. Enlightenment of DAS construction mode in foreign countries of China [J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(11): 125-129.
- [3] 李文伟, 邱利斌. 配电自动化及通信系统的规划建设 [J]. 电力系统通信, 2009, 30(2): 5-7.  
LI W W, QIU L B. Planning and construction of power distribution network automation system [J]. Telecommunications for Electric Power System, 2009, 30(2): 5-7.
- [4] 赵晓慧, 梁标, 李海波, 等. 城市配电自动化可靠性评估与成本效益分析 [J]. 电力科学与技术学报, 2015(1): 73-79.  
ZHAO X H, LIANG B, LI H B, et al. Reliability assessment and cost-benefit analysis of urban distribution network automation [J]. Journal of Electric Power Science and Technology, 2015(1): 73-79.
- [5] 王宗耀, 苏浩益. 配电自动化系统可靠性成本效益分析 [J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(6): 98-103.  
WANG Z Y, SU H Y. Cost-benefit analysis model for reliability of distribution network automation system [J]. Power System

- Protection and Control, 2014, 42(6): 98-103.
- [6] MADANI V, DAS R, AMINIFAR F, et al. Distribution automation strategies challenges and opportunities in a changing landscape [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2015, 6(4): 2157-2165.
- [7] DAS R, MADANI V, AMINIFAR F, et al. Distribution automation strategies: Evolution of technologies and the business case [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2015, 6(4): 2166-2175.
- [8] HEIDARI S, FOTUHI-FIRUZABAD M, KAZEMI S. Power distribution network expansion planning considering distribution automation [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2015, 30(3): 1261-1269.
- [9] XU B, LI T, XUE Y. Smart distribution grid and distribution automation [J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17): 38-41.
- [10] Brown R E. Impact of smart grid on distribution system design [C]//IEEE PES. Power and Energy Society General Meeting-conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, Pittsburgh, U. S., 2008. U. S.: IEEEExplore, 2008: 1-4.
- [11] 曾广辉. 珠海配电网自动化规划及其效益分析研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
- [12] 刘广宁. 广州配电自动化方案探讨及其经济效益分析 [D]. 北京: 华北电力大学, 2008.

(责任编辑 高春萌)

(上接第61页 Continued from Page 61)

- [6] ASHOUR M, NORRIS G. Modeling lateral soil-pile response based on soil-pile interaction [J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 2000, 126(5): 420-427.
- [7] YAN L, BYRNE P M. Lateral pile response to monotonic pile head loading [J]. Canadian Geotechnical Journal, 1992, 29(6): 955-970.
- [8] 荣维栋, 李洪斌. 近海单桩风机在波浪地震联合作用下的动力特性分析 [J]. 江苏科技大学学报(自然科学版), 2015, 29(1): 27-32.  
RONG W D, LI H B. Analysis on the dynamic response of offshore wind turbine under the joint action of wave and seismic [J]. Journal of Jiangsu University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2015, 29(1): 27-32.
- [9] 刘红军, 王超. 海上风电单桩基础周围土体地震液化分析 [J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2017, 47(4): 093-099.  
LIU H J, WANG C. Study on seismic response and liquefaction of soil around pile foundation of offshore wind power [J]. Periodical of Ocean University of China, 2017, 47(4): 093-099.
- [10] ANASTASOPOULOS I, THEOFILOU M. Hybrid foundation

- for offshore wind turbines: environmental and seismic loading [J]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2016, 80(25): 192-209.
- [11] 国家能源局. 浅海钢质固定平台结构与建造技术规范: SY/T 4094—2012 [S]. 北京: 石油工业出版社, 2013.  
National Energy Administration. Technical specification for structure designing and constructing for fixed steel-platforms in shallow-sea: SY/T 4094—2012 [S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2013.
- [12] Germanischer Lloyd. Guideline for the Certification of offshore wind turbines: GL—2012 [S]. Hamburg: Germanischer Lloyd, 2012.
- [13] Det Norske Veritas AS. Design of offshore wind turbine structures: DNV-OS-J101 [S]. Oslo: Det Norske Veritas AS, 2013.
- [14] 交通运输部. 港口工程桩基规范: JTS 167-4—2012 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2012.  
Ministry of Transport. Code for pile foundation of harbor engineering: JTS 167-4—2012 [S]. Beijing: China Communications Press, 2012.

(责任编辑 高春萌)