

配网自动化建设模式研究与实用化应用分析

张 剑, 孙 健, 朱卫平, 袁晓冬, 袁宇波

(江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211100)

摘 要: 配网自动化是提高供电可靠性、接纳高渗透率分布式电源、建设一流配电网的重要途径。目前, 配网自动化示范工程在全国范围全面铺开, 投入十分巨大。配网自动化建设模式对供电可靠性、经济效益、运维管理影响较大, 因此对其进行研究分析具有十分重要的理论研究与实际应用价值。本文分析了国内各种配网自动化建设模式的主要特点及其适用范围, 对各种模式的经济效益进行了比较, 并针对不同供电区域给出了配网自动化工程建设的发展思路; 最后根据目前配网自动化建设现状, 提出了配网自动化工程建设的实用化建议。

关键词: 配网自动化; 建设模式; 发展思路; 实用化建议

0 引言

配网自动化是提高供电可靠性、扩大供电能力和实现配电网高效、经济运行的重要手段^[1]。目前, 配网自动化工程已在全国范围全面铺开。在江苏省, 已经在扬州、南京、无锡、苏州、南通等城市实施了配网自动化示范工程。配网自动化发展模式对配网的供电可靠性、经济效益、运维管理影响较大, 因此对其进行深入研究分析具有十分重要的理论研究与实际应用价值。文献[2]研究了含分布式电源配电网的故障定位方法。文献[3]研究了基于重合器和电压-时间型分段器配合的馈线自动化系统的参数整定方法。文献[4]基于 GOOSE 网络提出了一种快速自愈的分布智能馈线自动化系统。文献[5]提出了分布智能型馈线自动化系统快速自愈技术及可靠性保障措施。以上文献针对具体的配网馈线自动化发展模式提出了相应的技术解决方案, 但是并没有具体分析各种配网自动化建设模式的特点、适用范围以及存在的问题。本文分析了国内外配网自动化建设模式的特点、适用范围和经济效益, 在此基础上, 从配网自动化建设实施的多个方面提出了目前配网自动化工程建设的发展思路。最后在详细分析近期配网自动化工程建设情况后, 给出了配网自动化实用化建设建议。

1 国内配电网建设的五种推荐模式研究

1.1 配电自动化系统建设的五种模式^[6]

1.1.1 简易型配电自动化系统

如图 1 所示, 简易型配电自动化系统是基于就地检测和控制技术的一种系统。它采用故障指示器获取配电线路上的故障信息, 由人工现场巡视故障指示器翻牌信号获得故障定位, 也可利用 GSM 等无线通信方式将故障指示信号上传到相关主站, 由主站来判断故障区段; 在一次设备具备条件的情况下, 采用重合器或配电自动开关, 通过开关之间的时序配合就地实现故障的隔离和恢复供电。

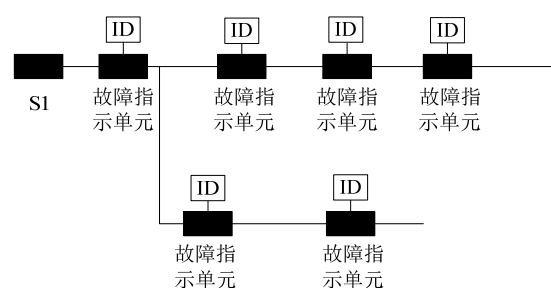


图 1 简易型配点自动化系统示意图

1.1.2 实用型配电自动化系统

如图 2 所示, 实用型配电自动化系统是利用多种通信手段(如光纤、载波、无线公网/专网等), 以两遥(遥信、遥测)为主, 并具备简单遥控功能的实时监测系统。它的主站具备基本的 SCADA 功能, 对配电线路、开闭所、环网柜等的开关、断路器以及重要的配变等实现数据采集和监测, 对部分具备条件的一次设备可实行遥控。根据配电终端数量或通信方式的需要, 该系统可以增加配电子站(或通信汇接站)。在一些没有条件或没有必要实时监测的线路, 依然可以采用简易型的配电自动化模式。该系统既可以是独立的配电监控系统, 在有配调机

构情况下也可做成调度和配电监控一体化的系统。

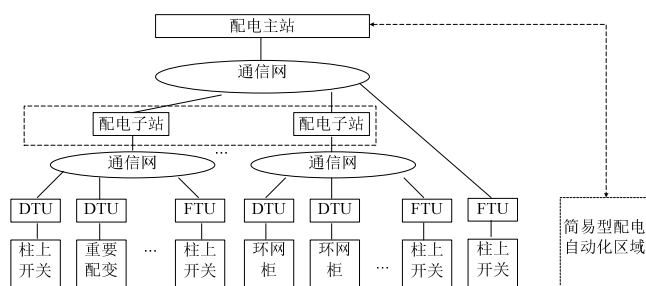


图 2 实用型配电自动化系统示意图

1.1.3 标准型配电自动化系统

如图 3 所示，标准型配电自动化系统是在实用型的基础上增加基于主站控制的馈线自动化功能（即 FA：故障定位、隔离、恢复非故障区供电），有条件区域还可实现网络重构。它对通信系统要求较高，一般需要采用光纤通信，它还需要比较完善的配电一次网架且相关的配电设备具备电动操作机构和受控功能。该类型系统的主站具备完整的 SCADA 功能和 FA 功能，当配电线路发生故障时，通过主站和终端的配合实现故障区段的快速切除与自动恢复供电。它与上级调度自动化系统和配电 GIS 应用系统的实现互连，具备完整的配网模型和丰富的配电数据，因此可以支持基于全网拓扑的配电应用功能。它主要为配网调度服务，同时兼顾配电生产和运行管理部门的应用。

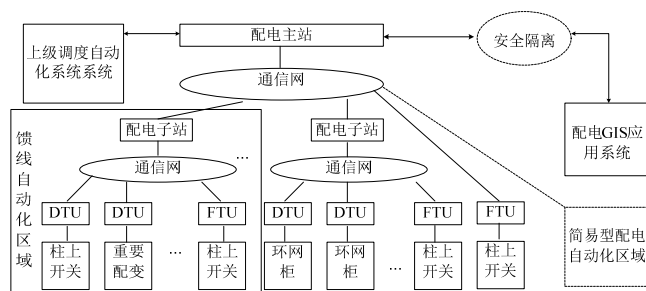


图 3 标准型配电自动化系统示意图

1.1.4 集成型配电自动化系统

如图 4 所示，集成型是在标准型的基础上扩展配电管理功能和综合应用功能，通过基于 IEC61968 标准的信息集成总线实现与各类相关实时系统和管理系统（如：生产管理系统、营销管理系统以及 ERP 系统）的接口，并具有配电网的高级应用分析软件功能。

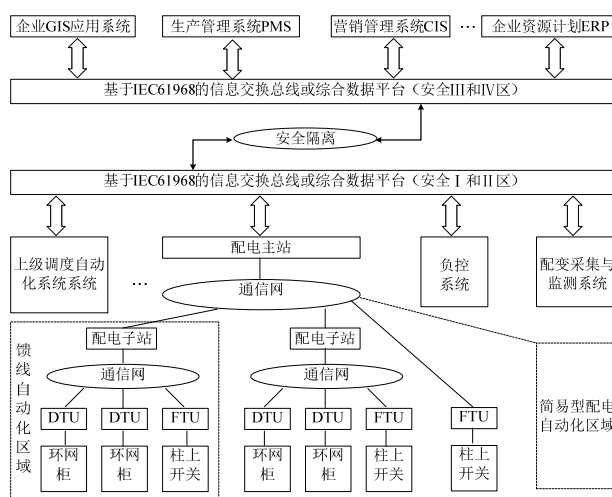


图 4 集成型配电自动化系统示意图

1.1.5 智能型配电自动化系统

如图 5 所示，智能型是在集成型配电自动化系统基础上扩展对于分布式电源、微网以及储能装置等设备的接入功能，实现智能自愈的馈线自动化功能以及与智能用电系统的互动功能，并具有与输电网的协同调度功能，以及多能源互补的智能能量管理网分析软件功能。

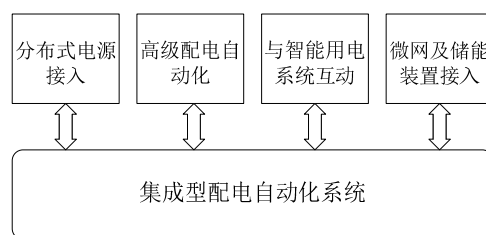


图 5 智能型配电自动化系统示意图

1.2 配电自动化系统建设的五种模式比较分析

表 1 从配电自动化系统建设五种模式的特点、经济效益和适用范围方面进行了比较。

2 配网自动化建设的发展思路

2.1 配网自动化建设供电区域划分

《配电网规划设计技术导则（Q/GDW 738—2012）》（以下简称“导则”）中，供电区域划分为五类，即市中心区、市区、城镇、农村、农牧区，五种供电区域的划分不交叉、不重叠；规划供电区域划分为 A+、A、B、C、D、E 六类；供电区域与行政级别的对应关系见表 2。

2.2 供电区域和配网自动化建设实施的关系

表 3 给出了各类供电区域和配电自动化建设实施各个方面的关系，配电自动化建设实施主要包括

电网结构、一次设备、馈线自动化方式、主站功能、终端配置、通信方式六个方面。

表 1 配电自动化系统建设五种模式比较

	特点	适用范围	效益分析
简易型	1、基于就地检测和控制技术。 2、采用故障指示器 3、由人工现场巡视；或采用 GSM 等无线通信方式，由主站来判断故障区段； 4、可采用重合器或配电自动开关，通过时序配合就地实现故障的隔离和恢复供电。	适用于农村单辐射配电线路和城市无专门通信条件区域的配电线路	不需要通信系统和主站而独立工作，结构简单，成本低、易于实施
实用型	1、利用多种通信手段（如光纤、载波、无线公网/专网等） 2、以两遥（遥信、遥测）为主，并具备简单遥控功能的实时监测系统。	适用于中等规模配电网且已设立或准备设立配网调度机构的供电企业。	结构比较简单、以监测为主、具备简单的控制功能，对通信系统要求不高，投资比较节约、实用性较强。 主要为配电运行管理部门和配网调度服务。
标准型	1、在实用型的基础上增加基于主站控制的馈线自动化功能（即 FA：故障定位、隔离、恢复非故障区供电），有条件区域还可实现网络重构。 2、采用光纤通信， 3、比较完善的配电一次网架且相关的配电设备具备电动操作机构和受控功能。 4、主站具备完整的 SCADA 功能和 FA 功能。	适用于多电源、多分段的城市配网自动化建设，其中馈线自动化建议在新区或电缆化程度较高的区域里实施。	系统结构完整、自动化程度较高，成本较高
集成型	1、在标准型的基础上扩展配电管理功能和综合应用功能，实现与各类相关实时系统和管理系统（如：生产管理系统、营销管理系统以及 ERP 系统）的接口 2、具有配电网的高级应用分析软件功能	适用于大中型城市较大规模、结构复杂的配网自动化建设；供电企业内部各类相关系统已经建立且应用比较成熟。	系统结构完整、自动化程度高、管理功能完善、运行方式灵活，投资较大
智能型	1、在集成型配电自动化系统基础上扩展对于分布式电源、微网以及储能装置等设备的接入功能， 2、智能自愈的馈线自动化功能 3、与智能用电系统的互动功能， 4、并具有与输电网的协同调度功能，以及多能源互补的智能能量管理网分析软件功能	适用于配电一次网架结构完善、已完成集成型配电自动化系统建设的供电企业，且已开展分布式电源或微电网及储能建设、智能化用电营销系统建设等。	系统结构完整、功能完善、智能化程度高、运行方式灵活，管理相对复杂、投资大，建成后综合效益好

表 2 供电区域与行政级别的对应关系表

	供电区域	A+	A	B	C	D	E
行政级别	省会城市或较大规模地级市	市中心区	市中心区、市区	市区或城镇	城镇或农村	农村	—
	一般地级市	—	市中心区	市中心区、市区或城镇	市区或城镇	农村	农牧区
	经济发达县级市	—	—	市区或城镇	城镇	农村	—
	经济欠发达县级市、县	—	—	—	城镇	农村	农牧区

注：单独的 A+、A 类供电区域一般不小于 5km²。

表 3 供电区域与配网自动化建设实施的对应关系表

供电区域类型	A+	A	B	C	D	E
电网结构	三双、双环式、多分段适度联络	双环式、单环式、多分段适度联络	多分段适度联络、单环式		多分段适度联络、辐射状	辐射状
一次设备	全网一次设备具备电动操作机构和直流电源、CT、PT	部分网架一次设备具备电动操作机构和直流电源、CT、PT	无	重合器及分段器或无	无	
馈线自动化方式	全网集中式或智能分布式	部分网架实现集中式或智能分布式	无	就地型重合器或无	无	
主站功能	配电主站基本功能：配电 SCADA，具备三遥（遥测、遥信和遥控）； 配电主站扩展功能：馈线故障处理，电网高级分析应用，智能化功能	配电主站基本功能：配电 SCADA，具备二遥（遥测和遥信）； 部分网架实现配电主站扩展功能：馈线故障处理，电网高级分析应用	配电主站基本功能：配电 SCADA，具备二遥（遥测和遥信）	配电主站：配电 SCADA 具备一遥（遥信）功能或无相关功能		
终端配置	配电自动化终端		配电自动化终端或故障指示器	故障指示器		
通信方式	光纤专网（以太网无源光网络、工业以太网）			光纤通信与无线公网或专网相结合	无线公网或无	

3 配网自动化实用化建设建议

3.1 配网自动化试点工程建设分析

目前配网自动化建设试点工程整体上处于标准型模式过渡到集成型和智能型模式的阶段。

(1) 试点工程初步实现了集成型的部分功能,功能虽然具备,如建设配电信息交互总线,实现与GIS、EMS和PMS等相关系统的信息集成,但由于种种技术原因还不能得到充分的应用,有些需要手动输入和操作来实现,未实现真正的信息集成,和应用较好的城市(如杭州已实现IEC61968互操作实验)具有一定的差距;

(2) 从目前投入运行试点工程来看,试点工程配网自动化的许多高级应用虽然具备如状态估计、潮流计算、网络结构优化、线损分析、无功优化、负荷预测、网络重构、解合环分析、负荷转供等,还没有得到有效应用。

(3) 未来智能型的部分特征虽有涉及,如分布式电源等设备的接入、配网自愈分析,具体实现方式还不明确,功能也基本上都未投入使用。

3.2 配电网自动化工程实用化建设建议

(1) 继续在试点建设中推进配电自动化的覆盖范围,在实现方式上对中心城市区域采用三遥的方式,而对于偏远的地区采用两遥的方式来实现,但需要提高各种二次设备的可靠性,从而保证工程的应用成果。

(2) 在试点建设中注意将配电自动化建设与配电网规划设计和改造相结合,开展配网规划方面的探索研究,对国内外配电网的接线方式和网架结构进行研究,在设计阶段就考虑到降低线路损耗、解决低电压和过负荷等问题。

(3) 开展基于IEC61968标准的应用,推进试点工程配电信息交互总线建设,实现与GIS、EMS和PMS等相关系统的信息集成应用,从而试点工程逐步完善并过渡到集成型阶段。

(4) 通过技术手段深化配网自动化的高级应用,如可以引入离线的第三方准实时配电网运行辅助应用系统,可考虑建立配电网运行与控制优化平台,实现配电网网络优化、无功电压优化等功能,从而迫使相应的实时功能得到完善和应用。

(5) 积极推进新技术的应用,不断丰富配电网自动化系统高级应用功能,可以在新试点的工程中

增加智能化功能,从而提高配电网工程的智能化水平。扩大智能分布式馈线自动化的试点应用范围,并可以考虑采用综合型配电自动化终端,提高配电网故障快速自愈能力;完善分布式电源接入与控制功能,提高配电网对分布式电源的控制和接纳能力;完善配电网快速仿真与模拟功能,实时短期负荷预测、应急分析、动态安全分析、聚合分析等能力,提高配电网自愈控制的能力。

4 结论

国内外配网自动化工程主要经历了简易型、实用型、标准型、集成型、智能型五种建设模式,五种模式各有其技术特点和适用范围。考虑到实际需要,需针对不同类型的供电区域实施不同的配网自动化工程建设发展路径。从目前配电自动化工程建设情况来看,在技术发展阶段上大都处于标准型模式过渡到集成型和智能型模式的阶段,许多配网自动化的高级功能还不完善,甚至没有投入使用。针对配网自动化工程建设现状提出了如下建议:

(1) 继续推进配电自动化的覆盖范围,提高二次设备可靠性。

(2) 在试点建设中注意将配电自动化建设与配电网规划设计和改造相结合,开展配网规划方面的探索研究。

(3) 开展基于IEC61968标准的应用,推进试点工程配电信息交互总线建设,实现与GIS、EMS和PMS等相关系统的信息集成应用。

(4) 通过技术手段深化配网自动化的高级应用,如可以引入离线的第三方准实时配电网运行辅助应用系统。

(5) 积极推进新技术的应用,不断丰富配电网自动化系统高级应用功能。

参考文献:

- [1] 陈堂,赵祖康,陈星莺,等. 配电系统及其自动化技术[M]. 北京:中国电力出版社, 2002.
- [2] 刘健,张小庆,同向前,等.含分布式电源配电网的故障定位[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(2):36-42.
- [3] 刘健,张伟,程红丽.重合器和电压-时间型分段器配合的馈线自动化系统的参数整定[J]. 电网技术, 2006, 30(16):45-49.
- [4] 刘健, 负保记, 崔琪, 等.一种快速自愈的分布智能馈线

- 自动化系统[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(10):62-66.
- [5] 刘健, 赵树仁, 负保记,等.分布智能型馈线自动化系统快速自愈技术及可靠性保障措施[J].电力系统自动化, 2011, 35(17):67-71.
- [6] 国家电网公司.配电自动化技术现状及发展分析报告[R]. 国家电网公司科技部,2009.

张 剑 (1983), 男, 湖北咸宁人, 工程师, 从事配网自动化研究工作;

孙 健 (1978-), 男, 安徽无为, 高级工程师, 从事配网自动化研究工作;

朱卫平 (1983), 男, 江苏常熟人, 工程师, 从事配网自动化研究工作。

作者简介:

Research on Construction Mode for Distribution Automation and Its Application Analysis

ZHANG Jian, SUN Jian, ZHU Weiping, YUAN Xiaodong, YUAN Yubo

(1. Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China;)

Abstract: Distribution automation is of significance to improve reliability of electricity service, absorption of high penetration of distributed generators and building first class of distribution network. At present, demonstration project of distribution automation is in full swing in nationwide. The investment is very large. Construction mode of distribution automation has great impact on reliability of electricity service, economic benefits, operation and maintenance management. Therefore, the research on construction mode of distribution automation is of very important theoretical research and practical application value. In this paper, main characteristics and scope of application to construction mode of distribution automation are analyzed and economic benefits of each mode are compared. As to different region the development strategy of construction of distribution automation is presented. As a result, based on the present situation for distribution automation, practical suggestion for development of distribution automation is proposed.

Keywords: distribution automation; construction mode; development strategy; practical suggestion