

县域配电网配电自动化系统的通信方案选择

秦健¹, 施金阳², 孙超²

(1.江苏省电力公司, 江苏南京 210024; 2.江苏省电力设计院, 江苏南京 211102)

摘要:随着智能配电网的进一步推广实施, 配电自动化系统将逐步覆盖到县域配电网。由于配网自动化系统目前仅在城市区域范围内实施, 没有在县域范围内实施的经验可以借鉴, 在城市区域适用的通信方案是否能适用于县域范围, 就成为工程建设人员关注的焦点。文中以昆山花桥国际商务城示范区配电自动化工程为例, 从通道需求分析、通信方式确定、通信方案比选等几个方面, 介绍了县域配电自动化工程通信方案的选择设计方法。

关键词:智能配电网; 配电自动化; 通信方案; 选择

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2014)04-0044-04

智能配电网作为智能电网发展的热点之一, 已经得到各电网公司的高度重视, 并努力积极推广应用, 而智能配电网中最先推进实施的内容就是配电自动化系统。随着配电自动化系统建设的进一步推进, 配电自动化系统将逐步由城市区域覆盖到县域范围。县域配电自动化工程的自动化系统实施方案可以根据配电自动化设计导则, 按照负荷分区属性确定具体的改造实施方案, 而其配套的通信电路建设方案在设计导则里没有做比较明确的规定。在现有通信技术手段如此繁多的情况下, 如何找到最适合的、经济合理的、具有一定扩展性的通信电路建设方案, 就成为摆在相关工程建设人员面前的焦点问题。昆山作为苏南经济较发达地区的县级市之一, 其所辖花桥国际商务城被江苏省电力公司选为配电自动化在县域范围内推广实施的先行示范区, 其配网自动化系统的建设模式、通信方案的选择, 对今后其他地区的县域配电自动化系统建设具有引领和示范作用。

1 配电自动化系统对通信通道的要求

1.1 配电自动化系统实施方案概况

昆山花桥国际商务城配电自动化工程对实施区域内 110 kV 古南变 4 号、5 号 10 kV 出线电缆线路上的 2 座开闭所、8 座环网柜进行改造, 在这 10 个配电站点各配置 1 套配电自动化终端 DTU, 实现“三遥”功能。相关配电网一次网架结构如图 1 所示。

昆山花桥国际商务城本期各配电自动化终端 DTU 的自动化“三遥”信息传输至苏州供电公司主站系统, 该主站系统已经建成投运, 本期按市县一体化模式进行扩容改造。为提高系统运行效率, 便于运行维护管理, 昆山供电公司需要设置该主站系统的前置采集服务器和远程工作站。

1.2 相关通信网现状

配电通信网按照配网自动化系统的物理结构分为 2 个传输层面, 即变电站与供电公司侧配电自动化主站

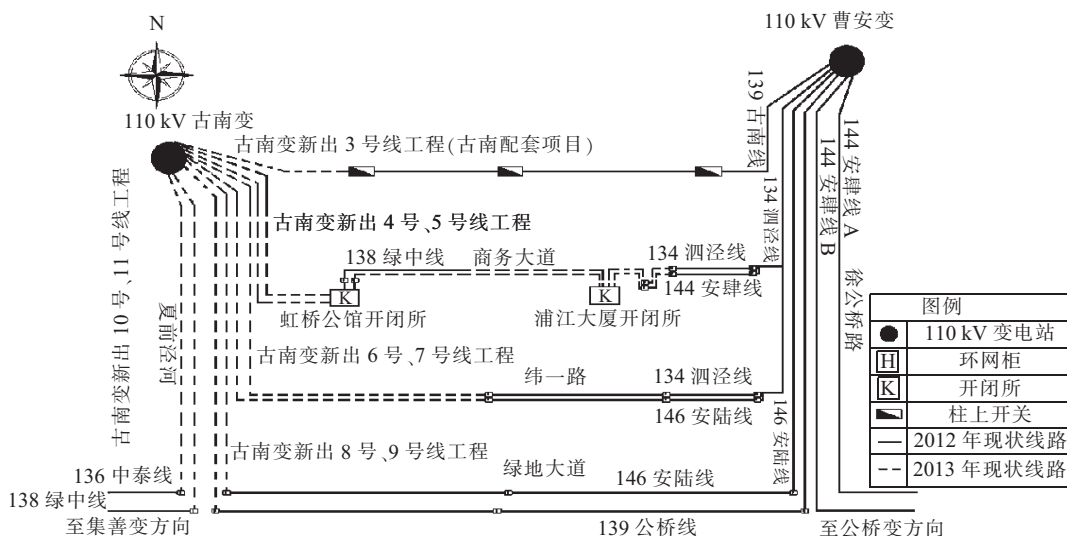


图 1 昆山花桥国际商务城相关配电网网架结构

之间的配电通信骨干网和配电终端节点与变电站之间的配电通信终端接入网。

1.2.1 相关骨干通信网现状

苏州地区包括昆山、太仓、常熟、张家港、吴江区在内的电网,电力专用光缆通信网络已经覆盖到 35 kV 以上的变电站、生产调度大楼、供电营业厅以及其他各类生产办公基地。苏州地区电力光缆通信网分为 2 层结构:汇聚层、接入层。

苏州地区电力通信网已建成汇聚层主网和备网 2 个光传输网络。汇聚层主网采用网状网结构,技术体制为 ASON,带宽为 2.5 GB,保护方式为动态重路由保护,环网采用中兴光传输设备,节点包括苏州供电公司所辖的市县(区)公司及 500 kV 变电站,共 13 个节点。汇聚层备网网络为单环结构,技术体制为 SDH,带宽为 10 GB,保护方式为复用段保护;环网采用中兴 S385 光传输设备,节点包括苏州供电公司所辖的市县公司以及常熟变(中继站),共 7 个节点。

昆山县区电力通信网接入层网络已建成 2.5 GB 相交双主环+6 个支环的 SDH 环网结构。主环容量为 2.5 GB,采用中兴 S320, S330, S360, S385 等多种型号光传输设备,包括昆山供电公司及部分 220 kV 变电站,共 13 个节点;支环容量为 622 MB,采用中兴 S320, S330, S360 等型号光传输设备,包括昆山县区部分 220 kV 变电站, 110 kV 及 35 kV 变电站, 6 个支环共 65 个节点。其中,与本工程相关的 2 号至 4 号支环包括花桥变、古南变、曹安变、公桥变、集善变、金城变、陆家变、合丰变、玉峰变、秧浦变、震川变、兵希变、邵泾变、鹿城变等 14 个节点。

1.2.2 相关终端接入网现状

苏州地区电网于 2011 年在苏州工业园区环金鸡湖地区开展配电自动化建设,相应建成了该区域的配电通信接入网。苏州工业园区配电通信接入网采用工业以太网技术和 EPON 技术相结合的方案,变电站到开闭所、环网柜划为配电通信主环,采用工业以太网通信方式,对小区变以下终端和其他零散的终端采用 EPON 通信方式。昆山县区尚未开展配电自动化建设,没有建成配电通信终端接入网。

1.3 配电通信相关概念

国际主流研究表明,智能电网发展大体可分为 4 个阶段,即高级量测体系(AMI)、高级配电运行(ADO)、高级输电运行(ATO)和高级资产管理(AAM)。其中 AMI 是智能电网的第一步,在 AMI 的基础上实现 ADO, ATO 及 AAM^[1]。智能配电通信网要求覆盖 AMI 中智能电能表和负荷控制管理的业务节点,覆盖 ADO 中高级配电自动化、网络保护、分布式能源接入的业务节点,覆盖 AAM 中设备运行状态监测节点^[2]。

1.4 配电自动化系统通信通道需求分析

馈线自动化是实现配电网自动化的核心,也是解决配电网供电可靠性问题的主要环节^[3]。昆山花桥国际商务城配电自动化实施区域内的电缆线路本期需要实现主站集中式馈线自动化功能。主站集中式馈线自动化是主站根据各配电终端检测到的故障报警,结合变电站、开闭所等的继电保护信号、开关跳闸等故障信息,启动故障处理程序,确定故障类型和发生位置,并采用声光、语音、打印事件等报警形式,在自动推出的配网单线图,通过网络动态拓扑着色的方式明确地表示出故障区段,根据需要,主站可提供事故隔离和恢复供电的一个或两个以上的操作预案,辅助调度员进行遥控操作,达到快速隔离故障和恢复供电的目的。

结合上述自动化功能分析,花桥国际商务城配电自动化工程只需实现 ADO 中的高级配电自动化业务,该类业务仅在终端站点与主站之间交互信息,终端站点之间不需要交互信息,因此只需组织配电终端站点与自动化主站之间的双向通信通道,其单向通道时延要求小于 500 ms,每个终端站点的通道带宽要求约为 30 kb/s。在安全性方面,根据《电力二次系统安全防护规定》及《电力二次系统安全防护总体方案》的要求,智能配电网中的配电自动化业务属于电力监控系统的范畴,必须使用专用网络的生产控制大区来承载。在可靠性方面,智能配电网应考虑通信通道备用且具有自愈功能,通信设备的可靠性应为工业级。

2 配电自动化通信系统建设方案

2.1 配电自动化通信电路建设技术原则

昆山花桥国际商务城配电自动化工程的通信电路属于配电通信网范畴,其建设应遵循以下原则:

(1) 配电通信网的建设结合配网业务发展和通信技术发展前景,统一规划,分步实施、适度超前,避免重复建设。

(2) 配电通信网按照骨干层、接入层分层建设模型,通信方式的选用应遵循“实用性、可靠性、可扩展性、可管理性”的原则。

(3) 配电通信网骨干层充分利用现有光纤通信网络资源,接入层优先采用光纤通信,其他通信方式作为补充。

(4) 配电通信接入网结构应以配电网网架结构为基础,要考虑到未来电网网架的变动和发展,通信接入网需适度预留一定的通信容量,为通信网络的变更、扩容提供保障。

2.2 骨干通信网建设方案

结合上述现状分析,昆山县区通信骨干网采用 SDH 制式的光缆通信方式,光缆通信已覆盖到所有 35

kV及以上等级的变电站。该网络110 kV古南变与昆山供电公司主站之间仍有155 Mb/s空余带宽可用。本期利用现有SDH光传输网作为配电通信骨干网,并采用IP over SDH的技术体制构建配电通信骨干网构架。根据前述通道需求分析,本期工程10个配电站点最大带宽需求为300 kb/s,110 kV古南变与配电自动化主站之间需占用SDH光传输网300 kb/s带宽。

2.3 终端接入网建设方案

2.3.1 终端接入网通信方式的确定

目前,适用于配电通信终端接入网的通信方式有:光纤专网—工业以太网技术、光纤专网—EPON技术、无线宽带专网、无线公网、中压电力线载波等。这几种通信方式的优缺点如表1所示。

表1 终端接入网常用通信方式比较

通信方式	优点	缺点
光纤专网	带宽高,易组网,方便接入; 安全性高,可靠性高, 实时性高;受环境干扰小	建设成本较高, 主要是光缆 建设成本高
无线宽带专网	建设成本适中; 施工简便无需布线; 应用范围广,可用性强	安全性低; 较易受到环境干 扰,可靠性低; 频段及功率受限
无线公网	建设成本低; 施工简便无需布线; 应用范围广,可用性强	安全性、实时性低; 较易受到环境干 扰,可靠性低; 运行成本高
中压电力 线载波	建设成本低; 施工简便,无需布线; 专网运行,安全性高	带宽低; 可靠性、 实时性一般; 组网灵活性差

由表1可以看出,光纤专网方式虽然投资较高,但其通道的安全性、可靠性较高,传输时延有保障。本配电自动化工程涉及的110 kV古南变4号、5号出线均为电缆线路,长度各5 km,沿线已经预留了光缆敷设管道,因此,对于本工程来说,若采用光纤专网通信方式,敷设光缆是切实可行的,工程造价适中。考虑到本工程配电自动化终端均按“三遥”功能设计,其他通信方式难以满足其安全性、可靠性以及实时性要求,建议采用光纤专网通信方式。

2.3.2 终端接入网通信方案比选

(1) 光纤专网通信方式有2种技术可选,工业以太网和EPON(基于以太网的无源光网络)。这2种通信技术的优缺点如表2所示。

根据表2的分析结论,结合本期工程配电网一次网架结构简单、易于成环的特点,同时考虑到苏州地区已经先行实施的城市区域配电自动化系统通信电路的运行经验,昆山花桥国际商务城配电通信接入网推荐采用工业以太网技术组建光纤自愈以太环网。其突出优势是环形拓扑结构简单清晰,工业以太网技术成熟,保护倒换时间可以达到毫秒级,此外其强大灵活的交

表2 工业以太网和EPON技术比较

通信技术	优点	缺点
工业以太网技术	环形拓扑,结构简单; 技术成熟,兼容性强; 易于实现QoS业务区分及VLAN划分	不能抵抗多点 失效故障
EPON技术	灵活组网,易于部署; 可抵抗多点失效故障; 扩展性强	传输距离受限; 标准不完善,厂商 间兼容性差; 电力系统应用时间 短,运行经验不足

换功能,方便灵活扩展业务,同时也可支持多种其他网络结构。

(2) 根据本期一次网架结构,昆山花桥国际商务城配电通信接入网可以采用链型、单环网、双环网等拓扑结构组网。各拓扑结构的优缺点比较如表3所示。

上述2个方案投资相差不大,双环网组网方案虽然占用更多的纤芯资源,并需对2个骨干节点设备进

表3 拓扑结构比较

拓扑结构	优点	缺点
链型网	结构简单; 占用光缆资源较少	保护机制缺乏, 可靠性差
单环网	结构简单; 占用光缆资源较少; 可以抵御除接入点之外的 任何单点失效故障	接入点失效故障会 导致所有配电自动 化信息无法上传
双环网	可靠性更高; 可以抵御任何 单点失效故障	占用更多光缆资源

行改造,但是配电自动化业务通过不同的网络、不同的接入点接入配电通信骨干网,可靠性更高,故推荐昆山花桥国际商务城配电通信接入网采用双环网结构的接入网方案,如图2所示。

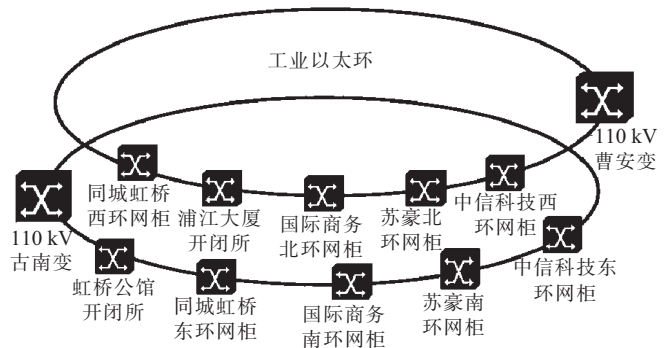


图2 配电终端接入网拓扑结构

3 结束语

本文以花桥国际商务城配电自动化工程为例,在分析配电自动化系统的通信通道需求的基础上,首先对几种常用通信方式进行分析比选,在通信方式确定后再对通信技术体制进行比选分析,最后进行拓扑结

构设计。最终确定了该工程采用双工业以太环网的配电终端通信接入网方案。本文仅仅为县域配电自动化系统提供了一种通信方案的选择设计思路。然而由于配电网接线型式、配电站点分布密度、供电负荷特性等配电网一次网架多种多样。配电自动化实施方式也不尽相同,有的采用主站集中式,有的采用分布式,有的采用混合式。此外,目前适用于配电网的通信技术也多种多样,并且还有新的通信技术正不断涌现出来,以上诸多因素决定了配电自动化通信电路解决方案的多样性。至于其它的县域配电自动化工程,到底采用哪种通信方案更合理,需要具体问题具体分析,因地制宜地选择最适合自己工程的通信方案,但不能违背经济、实用、安全、可靠、可扩展等基本原则。

参考文献:

- [1] 李卫良,田 伟,王晓丹. 以 AMI 为核心的智能配用电技术体系研究[J]. 江苏电机工程,2011,30(3):1-6.
- [2] 黄 盛. 智能配电网通信业务需求分析及技术方案[J]. 电力系统通信,2010,31(10):10-12.
- [3] 朱 姝,黄 伟,朱维成. 新型配电终端结构与数据传输[J]. 江苏电机工程,2011,30(6):34-37.

作者简介:

秦 健(1970),男,江苏启东人,高级工程师,从事电力工程建设方面的管理及研究工作;

施金阳(1970),男,江苏如东人,高级工程师,从事电力系统通信规划设计工作;

孙 超(1984),男,湖北十堰人,工程师,从事电力系统通信规划设计工作。

Communication Scheme Selection of Distribution Automation System for County Distribution Grid

QIN Jian¹, SHI Jinyang², SUN Chao²

(1.Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China;

2.Jiangsu Electric Power Design Institute, Nanjing 211102, China)

Abstract: With further promoting the implementation of smart distribution grid, distribution automation system is gradually covering the rural distribution grid. Since the distribution automation system is currently implemented only in urban areas, there are no implementation lessons available to draw upon for rural areas. Whether the communication scheme used in urban areas is suitable for rural areas is not clear. In this paper, we take Kunshan Huaqiao International Service Business Park distribution automation project as example to introduce how to select the communication scheme for the rural distribution automation system from the angles of channel demands, determination of communication methods, comparison of communication scheme and etc.

Key words: smart distribution grid; distribution automation; communication scheme; selection

(上接第 43 页)

[11] 陈 波,朱凌志,朱晓东. 并网光伏电站低电压穿越仿真与分析[J]. 江苏电机工程,2012,31(5):13-17.

[12] 薛亚丽,李东海,徐 峰,等. 最优 PI 控制器参数整定及评价[J]. 清华大学学报(自然科学版),2004, 44(8):1067-1070.

[13] LI Y W, KAO C N. An Accurate Power Control Strategy for Power-electronics-interfaced Distributed Generation Units Oper-

ating in a Low-voltage Multibus Microgrid [J]. IEEE Trans on Power Electronics, 2009, 24(12): 2977-2988.

作者简介:

黄春燕(1988),女,江苏启东人,助理工程师,从事配电专业运行管理工作。

Improved Droop Control Based on Virtual Impedance for Isolated Microgrid

HUANG Chunyan

(Nantong Power Supply Company, Nantong, 226000, China)

Abstract: Droop control is one of the commonly used control methods in microgrids. This paper analyzes the transfer characteristic of line power and reveals that in a low voltage microgrid with big resistance transfer lines, droop control of $P-f$ and $Q-V$ will lead to power coupling. Changing the controller parameters to make the equivalent output impedance of inverter inductive is not an absolutely effective method. Based on the idea of 'virtual impedance', a simulated virtual reactance with controllable value is added into the equivalent output impedance of inverter, which makes the transfer line inductive. The $Q-V$ control curve is modified to ensure the steady-state accuracy of voltage control. The improved and conventional droop control methods are compared by simulations in PSCAD/EMTDC. The simulation results show that the reactive power allocation effort of improved droop control is better.

Key words: Microgrid; micro sources; inverters; droop control; virtual reactance