

面向园区型微电网的一体化控制系统

刘志文, 孙浩, 张磊, 王海华, 徐飞

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院, 广州 510663)

摘要: 在充分考虑园区型微电网安全稳定运行的基础上, 从园区型微电网建设和运营集约化角度出发, 提出一种适用于园区型微电网的一体化控制系统, 并对所提一体化控制系统的系统架构, 系统基本功能, 所采用的三层控制结构, 系统应配备关键装置和主站系统典型配置方案进行详细的分析和说明。研究表明: 该一体化控制系统适应园区型微电网发展的需要, 对微电网技术的推广和应用具有重要意义。

关键词: 园区型微电网; 一体化控制系统; 三层控制结构; 关键装置

中图分类号: TM727.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2014)01-0025-05

An Integrated Control System for Zone Type Micro-grid

LIU Zhiwen, SUN Hao, ZHANG Lei, WANG Haihua, XU Fei

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

Abstract: From intensive angle of zone type micro-grid construction and operation, this paper presents an integrated control system for zone type micro-grid taking into full account the safe and stable operation of zone type micro-grid, then detailedly analyzes and explains the system architecture, system basic functions, three-layer control structure, system key devices and typical configuration scheme of the integrated control system. The results show that the proposed integrated control system could meet the needs of zone type micro-grid development, and has great significance for promotion and application of micro-grid technology.

Key words: zone type micro-grid; integrated control system; three-layer control structure; key devices

随着微电网技术不断进步, 微电网系统的建设规模和实用化水平不断提高, 已由含单一新能源和较小负荷的小型系统逐渐向含多种新能源和较大负荷的较大型中压系统发展, 其作用也由早期的试验性和示范性逐渐向实用性和商业化运营过渡^[1-2]。对于这些规模较大且将商业化运营的园区型微电网系统而言, 属于小而全的电力系统, 微电网系统里面既有微电网监控, 又包含配网自动化、计量自动化、保护信息监视等功能, 若按传统电网的建设思路, 分开建设多个子系统, 不仅建设耗费人力物力, 投产后的运营和维护也将极为不便, 因此从微电网建设和运营的集约化角度考虑, 有必要将园区型微电网系统的各种业务功能集中到统一的控制平

台, 即形成一体化控制系统, 这将有利于降低建设和运营成本, 并对微电网技术的推广和应用具有重要意义, 本文将针对如何构建园区型微电网的一体化控制系统进行研究和分析。

1 系统整体架构

微电网控制系统是整个微电网系统协调控制的核心, 是实现微电网安全、稳定、高效运行和可再生能源最大化利用的重要工具和基本保障^[3-4]。为确保将园区型微电网所有功能集中到统一平台, 形成一体化控制系统, 首先要求一体化控制系统的支撑平台能为不同应用提供统一的服务和管理, 包括模型、图形、数据库、公式计算与统计、告警服务、曲线服务、报表服务、系统配置和管理等。

本文所提的园区型微电网一体化控制系统整体架构如图 1 所示, 其中园区微电网中的所有分布式电源系统运行数据、系统保护信息、各配电终端数

收稿日期: 2014-08-16

作者简介: 刘志文(1980), 男, 湖南益阳人, 高级工程师, 博士, 主要从事微电网运行与控制技术研究(e-mail)lzw32347@126.com。

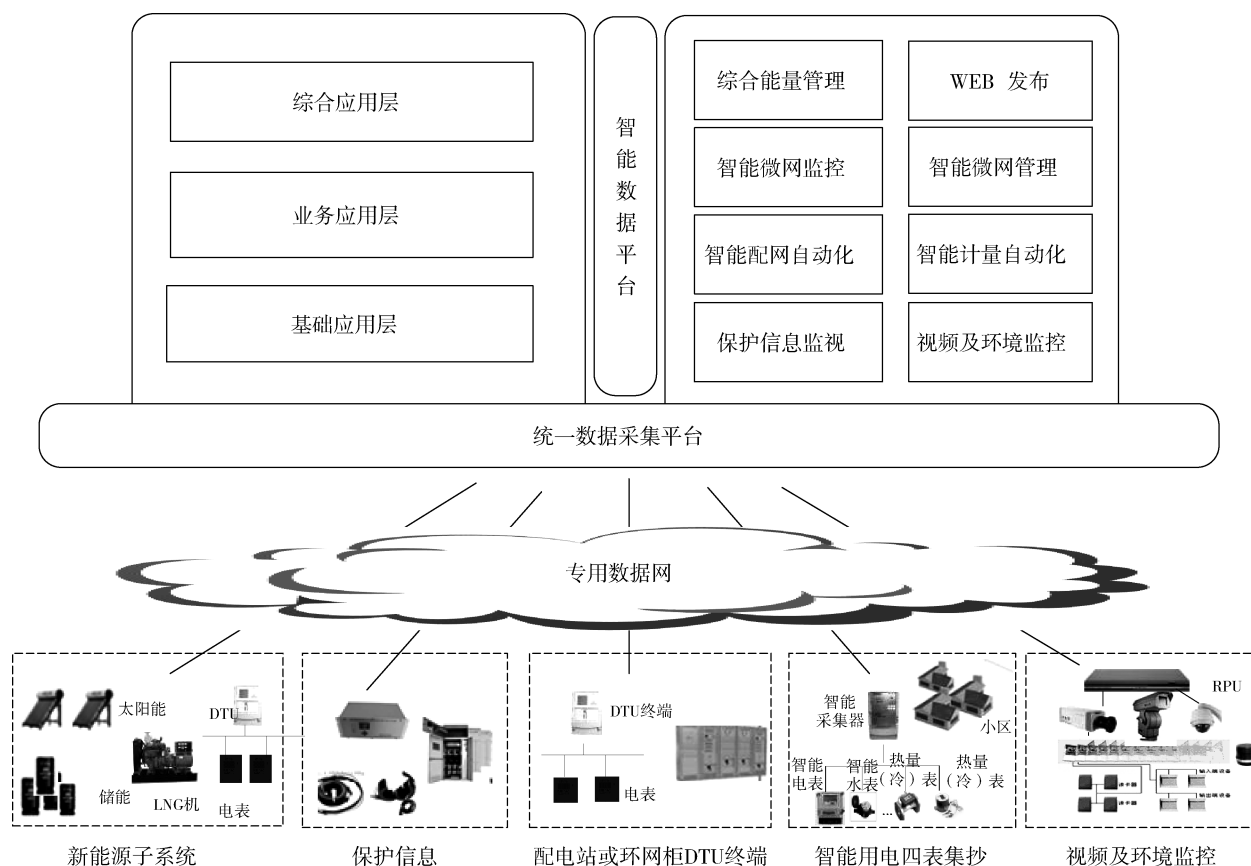


图1 微电网一体化控制系统总体架构

Fig. 1 General Architecture of Micro-Grid Integrated Control System

据、智能用电数据和视频监控信息均通过专用数据网上送到统一的数据采集平台，主站系统在遵循SOA架构体系和统一模型基础上，将园区微电网监控、微电网管理、保护信息监视、配网自动化、智能计量、智能用电、视频及环境监控、综合能量管理等功能集中到统一的智能控制平台上，从而实现园区型微电网系统的一体化和集约化控制。

2 系统功能

园区型微电网一体化控制系统的功能应紧紧围绕微电网安全稳定运行、智能化控制和集约化建设运营为目标进行构建，从总体上可分为支撑平台功能、业务应用功能和综合应用功能三大块，其中主要的业务功能如下：

(1) 微电网稳定控制：主要解决微电网短时间尺度的控制问题，确保微电网安全稳定运行，本文所提的一体化控制系统中，微电网稳定控制功能由微电网中央控制器负责完成。

(2) 微电网能量管理：主要解决微电网系统长时间尺度的控制问题，具体包括分布式电源运行约束条件设定、发电/负荷预测、能量平衡控制、电压无功控制、黑启动控制、微电网主电源切换控制、微电网运行模式管理、多类型电源互补经济运行控制等功能^[5]。

(3) 保护信息监视：包括线路保护信息管理、变压器保护信息管理、母线保护信息管理、逆变器保护信息管理、柴油发电机保护信息管理。

(4) 配电自动化：主要包括馈线自动化、网络拓扑着色、网络拓扑分析、状态估计、无功补偿和负荷转供等功能。

(5) 计量自动化：包括微电网能源监测及分析、供电质量监测及分析、低压用户智能检测、停电时间及可靠性统计、用户增值服务支持。

(6) 视频及环境监控：具体包括微电网中各厂站实时视频监视、实时控制、录像管理以及故障告警等功能。

(7) 综合能量管理: 具体包括综合能效分析、综合负荷预测、智能协调控制、智能数据分析、智能诊断预警。

(8) Web 发布: 用户可通过 Internet 实现 Web 浏览, 且客户的访问、操作权限跟客户等级、角色、责任区相匹配。

3 系统控制结构

微电网控制系统可采用两层或三层的控制架构, 其中采用两层控制架构的微电网控制系统将所有的微电网监控和管理应用均纳入到后台管理系统中实现, 这种架构虽然集成程度高, 有利于减少投资和运营成本, 但不利于微电网稳定控制的处理^[6]。而采用三层控制架构的微电网控制系统则可将长时间尺度控制层级和短时间尺度控制层级分开考虑, 根据控制层级的不同而采用不同的监控模式, 从而有利于微电网稳定控制的处理^[7]。由于园区型微电网含的分布式电源较多, 负荷和电网规模较大, 对微电网安全稳定运行的要求较高, 因此本文选择三层控制架构作为园区型微电网一体化控制系统的基本架构, 其控制架构示意图如图 2 所示。

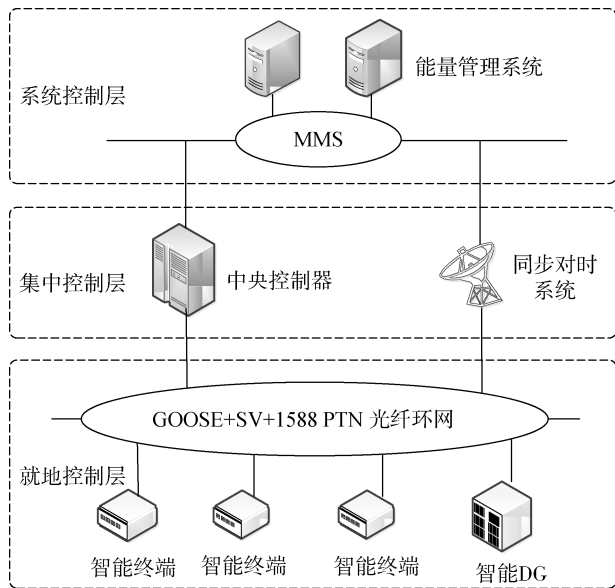


图 2 系统控制架构示意图

Fig. 2 Schematic Diagram of System Control Architecture

如图 2 所示, 园区型微电网一体化控制系统所采用的三层控制架构具体包括就地控制层、集中控制层和系统控制层, 其功能和作用如下:

(1) 就地控制层主要完成微网组成单元的保护

与控制。通过测保装置与分布式电源控制器实现对具体开关、线路、变压器、分布式电源、储能变流器、负荷、厂用电及直流电源系统的一体化监测、保护与控制。分布式电源控制器由相应分布式电源控制系统进行配置, 其主要功能为协调系统内各单元的监测与控制, 通过 GOOSE/SV 与中央控制器进行快速通信, 通过 MMS 与后台能量管理系统进行通信^[8]。

(2) 集中控制层由微电网中央控制器来完成。微电网中央控制器的控制目的主要是在微电网孤岛运行时, 通过对各分布式电源的控制模式及控制参数的设置, 保证微电网安全稳定运行, 同时维持全网电压和频率在允许范围之内。

(3) 系统控制层主要完成综合数据采集与处理、微电网能量管理、配电自动化、计量自动化和综合能效管理等。智能用电系统通过防火墙接入监控主站, 同样地, 视频及环境监测系统通过防火墙接入监控主站。

(4) 系统通信采用高实时性的 IEC 61850 国际标准规约, 实现装置与装置之间, 装置与主站之间的互联互通, 其中中央控制器与就地控制及保护单元间采用 GOOSE/SV 快速通信^[9-10]。

4 系统关键装置

4.1 中央控制器

园区型微电网中央控制器是微电网安全稳定运行的快速决策中心, 它接入微电网系统关键控制点电压、电流、开关状态以及关键设备运行状态, 采取快速判据并确定微电网关键节点及微电源的运行模式。微电网中央控制器有连续的功率闭环调节功能, 能够快速生成功率指令下发给微电源与就地智能终端执行, 以保持微电网具有连续、稳定的工况。其应包括如下主要功能^[11]:

(1) 分布式电源及储能协调发电控制。

(2) 实时功率平衡, 实现动态调频调压。

(3) 微电网系统保护, 主要包括广域式保护。

(4) 微电网紧急控制, 如高频切机、低频减载、故障快速恢复、运行模式切换控制等。

鉴于微电网中央控制器的重要作用, 控制器本身的主要性能应满足如下要求^[12]:

(1) 应采用高性能数据处理器, 能够满足微电网稳定控制的实时性要求。

(2)支持 IRIG-B 对时或 IEEE 1588V2 对时, 对时精度达到 1 μ s。

(3)硬件应满足智能化继电保护装置相关标准要求, 装置的保护控制功能与人机界面、通信功能应能完全分开调试、维护和使用。

(4)应具备多个标准以太网接口和丰富的通信归约库, 以构成双快速控制网与监视网。

(5)支撑 GOOSE 的双重快速控制网。

4.2 能量管理系统

在本文所提的园区型微电网一体化控制系统中, 能量管理系统主要承担微电网能量管理、配网自动化、计量自动化、综合能量管理、视频及环境监控等功能, 其中微电网能量管理主要完成微电网长时间尺度控制层级的应用业务, 如长时间尺度的能量平衡控制和电压无功控制、黑启动控制、微电网经济优化调度等。能量管理系统的所需的微电网详细运行数据主要通过 MMS 监控网进行采集, 其指令的下达即可经过微电网中央控制器下达到就地控制层, 也可直接向就地控制层设备直接下达控制指令。

为确保能量管理系统的稳定可靠运行, 能量管理系统的相关硬件设备应具备一定的容量和冗余性, 并具有较好的可靠性、利用率和实时性。相关

软件系统要求具有良好的响应速度、正确率等指标。其主要的性能需求如下^[12]:

(1)整个微电网系统的历史运行数据保存周期应不少于 5 年。

(2)系统内任一节点故障不应引起主要功能的丧失及导致系统响应灵敏度低于系统性能要求。

(3)由于偶发性故障而发生自动热启动的平均次数应小于 1 次/3 600 h。

(4)任何服务器在任意 10 s 内, CPU 平均负荷率小于 35%, 任何用户工作站在任意 10 s 内, CPU 平均负荷率小于 35%。

(5)在任何情况下, 系统骨干网在任意 5 min 内, 平均负载率小于 10%。

5 系统典型配置方案

园区型微电网一体化控制系统应在遵循三层控制体系架构的基础上, 不仅在系统功能上需要进行统一和集中管理, 在主站系统的硬件配置上也应该根据系统的建设规模和各业务功能特点, 在满足微电网系统运行监控需要的基础上进行合理的归并和整合, 从系统硬件设备上实现集约化建设和运营的需要。图 3 所示为某园区型微电网一体化控制系统的配置方案。

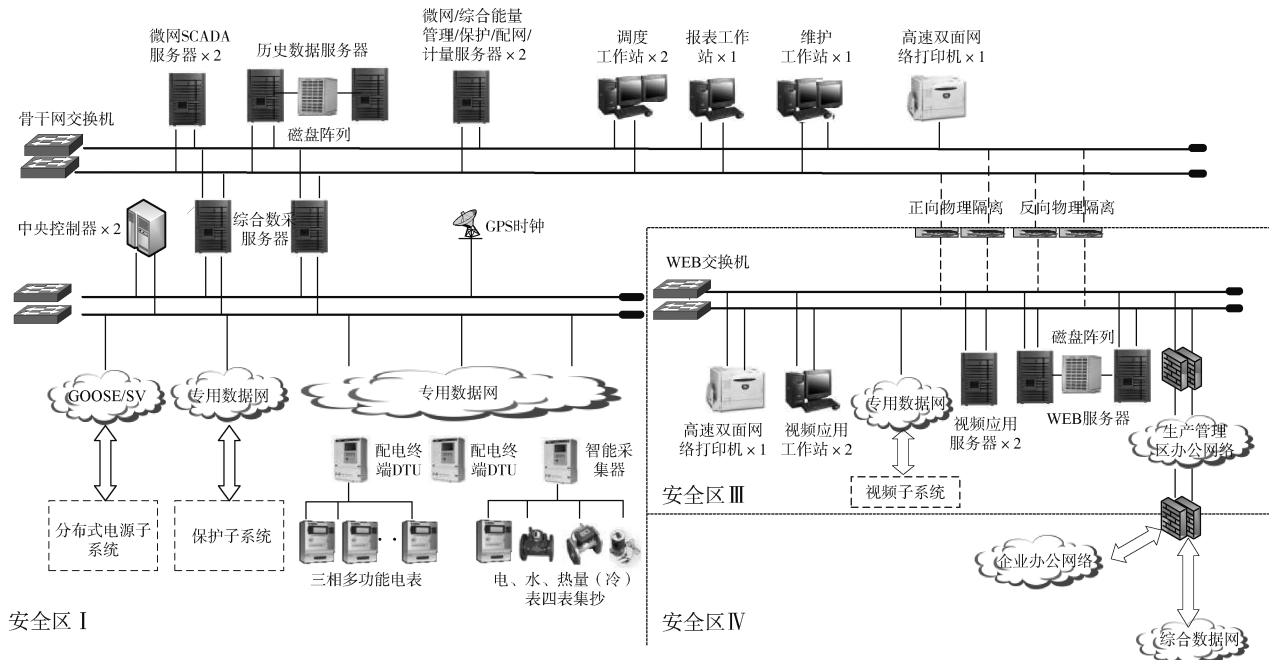


图 3 主站系统配置方案示意图

Fig. 3 Typical Configuration Scheme for Integrated Control System

如图3所示, 中央控制器主要对应系统的集中控制层, 体现园区型微电网三层控制体系架构。传统电网的主站系统中一般根据不同的业务功能, 如配网自动化、计量自动化等业务功能, 分别配置应用服务器。由于本文所提的微电网一体化控制系统将相关业务集中到了同一的控制平台, 因此图3中将传统主站中依据不同业务功能而配置的服务器群, 均归并为同一台服务器, 相关的工作站也根据实际需要适当进行了归并处理, 从而从硬件设备上实现统一集中的配置。

图3所示的系统配置方案主要是在分析微电网系统的节点数量、数据采集量、业务功能需求等信息的基础上, 结合采购的服务器等硬件设备的性能指标来进行配置, 在配置过程中主要根据经验来进行分析和处理。对于不同类型和不同规模的园区型微电网系统, 并不一定将所有业务功能归并到同一台服务器, 而应根据系统规模 and 实际需求进行适当的归并和配置, 由于根据经验来进行归并配置具有一定局限性和不精确性, 因此有必要探索采用量化的综合归并评价方法, 这有待进一步研究。

6 结论

本文针对园区型微电网建设和运营集约化需要, 在充分考虑园区型微电网安全稳定运行的基础上, 提出一种适用于园区型微电网的一体化控制系统, 并对一体化控制系统的系统构成、系统基本功能、三层控制结构、系统关键设备和主站系统典型硬件配置方案进行详细的分析和说明。文中所提的一体化控制系统主要适应于规模较大且将商业化运营的微电网系统, 如工业园区、住宅小区、海岛等微电网系统, 将对我国微电网技术的进一步推广和应用具有重要意义。

参考文献:

- [1] 郑漳华, 艾芊. 微电网的研究现状及在我国的应用前景 [J]. 电网技术, 2008, 32(16): 27-31.
ZHENG Zhanghua, AI Qian. Present Situation of Research on Microgrid and Its Application Prospects in China [J]. Power System Technology, 2008, 32(16): 27-31.
- [2] 王成山, 李鹏. 分布式发电、微网与智能配电网的发展与挑战 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34(2): 10-14, 23.
WANG Chengshan, LI Peng. Development and Challenges of Distributed Generation, the Microgrid and Smart Distribution System [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(2): 10-14, 23.
- [3] 黎恒旭, 孙海顺, 文劲宇. 含分布式电源的配电网多代理故障自恢复系统 [J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(4): 49-56.
LI Hengxuan, SUN Haishun, WEN Jingyu. A Multi-agent System for Reconfiguration of Distribution Systems with Distributed Generations [J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(4): 49-56.
- [4] 黄伟, 孙昶辉, 吴子平, 等. 含分布式发电系统的微电网技术研究综述 [J]. 电网技术, 2009, 33(9): 14-18.
HUANG Wei, SUN Changhui, WU Ziping, et al. A Review on Micro-grid Technology Containing Distributed Generation System [J]. Power System Technology, 2009, 33(9): 14-18.
- [5] KROPSKI B, LASSETER R, ISE T, et al. Making Microgrids Work [J]. IEEE Power and Energy Magazine, 2008, 6(3): 40-53.
- [6] 赵传霖, 吴文传, 张伯明. 基于多 Agent 的能量管理系统支持平台 [J]. 电力系统自动化, 2009, 33(13): 47-52.
ZHAO Chuanlin, WU Wenchuan, ZHANG Boming. Multi-Agent Based Software Platform for New Generation of EMS [J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(13): 47-52.
- [7] HATZIARGYRIOU N, ASANO H, IRAVANI R, et al. Microgrids [J]. IEEE Power and Energy Magazine, 2007, 5(4): 78-94.
- [8] 杜振华, 王建勇, 罗奕飞, 等. 基于 MMS 与 GOOSE 网合一的数字化网络保护设计 [J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(24): 178-181.
DU Zhenhua, WANG Jianyong, LUO Yifei, et al. A Design of Digital Substation Network Protection Based on Combination of MMS and GOOSE Network [J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(24): 178-181.
- [9] 王松, 陆承宇. 数字化变电站继电保护的 GOOSE 网络方案 [J]. 电力系统自动化, 2009, 33(3): 51-54.
WANG Song, LU Chengyu. A GOOSE Network Scheme for Relay Protection in Digitized Substations [J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(3): 51-54.
- [10] 李小滨, 韩明峰. GOOSE 实时通信的分析与实现 [J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(10): 59-62.
LI Xiaobin, HAN Mingfeng. Analysis and Realization of GOOSE Real-time Communication [J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(10): 59-62.
- [11] 张建华, 苏玲, 陈勇, 等. 微网的能量管理及其控制策略 [J]. 电网技术, 2011, 35(7): 24-28.
ZHANG Jianhua, SU Ling, CHEN Yong, et al. Energy Management of Micro-grid and Its Control Strategy [J]. Power System Technology, 2011, 35(7): 24-28.
- [12] 蒯美琴, 丁明, 张榴晨, 等. 多能源发电微网实验平台及其能量管理信息集成 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34(1): 106-111.
MAO Meiqin, DING Ming, CHANG Liuchen, et al. Testbed and Information Integration of EMS for a Micro-grid with Multi-energy Generation Systems [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(1): 106-111.

(责任编辑 黄肇和)