

含多种新能源的园区型微电网规划关键问题研究

刘志文¹, 李志铿², 徐飞², 董旭柱¹, 吴争荣¹

(1. 南方电网科学研究院, 广州 510663; 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: 随着我国电力体制改革的持续推进和国家对新能源微电网推广力度不断加大, 园区型微电网的规划与建设已受到越来越多的重视, 在分析园区型微电网特征的基础上, 对园区型微电网规划过程中的分布式电源和储能配置, 一次系统网架方案、微电网保护配置、二次监控系统的构建等关键问题进行详细分析和研究, 并提出可行的解决方案。

关键词: 园区型微电网; 分布式电源; 网架方案; 保护配置; 二次监控系统

中图分类号: TM 72

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2017)02-0038-08

Research on Key Issues of Zone Type Micro-grid Planning with Multiple New Energy Sources

LIU Zhiwen¹, LI Zhikeng², XU Fei², DONG Xuzhu¹, WU Zhengrong¹

(1. Electric Power Research Institute, China Southern Power Grid, Guangzhou 510663, China;

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

Abstract: With the electric power system reform promoting and new energy micro-grid promotion efforts increasing in our country, zone type micro-grid planning and construction has been paid more and more attention. on the basis of zone type micro-grid feature analysis, this paper analyses and studies on the key issues in course of zone type micro-grid planning, which includes distributed generations and storage configure, primary system network scheme, micro-grid protection configuration, secondary monitoring system construction and so on, and the feasible solution schemes are put forward.

Key words: zone type micro-grid; distributed generation; network scheme; protection configuration; secondary monitoring system

随着我国电力体制改革的推进, 中共中央国务院《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》(中发[2015]9号文)明确提出允许符合条件的高新产业园或经济技术开发区组建售电主体直接购电, 并允许拥有分布式电源的用户或微电网系统参与电力交易^[1]。国家能源局《关于推进新能源微电网示范项目建设的指导意见》(国能新能[2015]265号文)中进一步提出新能源微电网是未来的能源发展趋

势, 不仅鼓励独立型新能源微电网建设, 而且鼓励联网型新能源微电网建设, 并首次提出微电网电压等级可涵盖 10~110 kV, 这意味着我国鼓励微电网将由低压小型系统向中高压大型系统发展^[2]。

目前国内外对微电网的研究主要集中在中低压小型系统, 其中独立型微电网的规划、运行控制是研究重点, 而对联网型中高压微电网系统研究相对较少^[3-4]。由于高新产业园或经济技术开发区新建配电网是未来配电网增量部分的主要来源, 也是未来社会资本投资配售电业务的重点区域, 而联网型中高压微电网系统的电压等级和覆盖范围可满足高新产业园、经济技术开发区等园区电力供应的需求, 另外此类园区型微电网系统能够有效平抑可再生能源波动性, 实现与公共电网友好互动, 可消减电网峰谷差, 替代或部分替代调峰电源, 并有助于

收稿日期: 2017-02-04

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(2015A030310227); 南方电网有限责任公司科技项目(WYKJ00000020)。

作者简介: 刘志文(1980), 男, 湖南益阳人, 高级工程师, 博士, 主要从事分布式电源及微电网规划、运行与控制研究(e-mail: lzw32347@126.com)。

投资商组建售电主体开展售电业务^[2]。由此可见,园区型微电网切合我国电力体制改革和新能源集成应用需要,已经受到政府和社会资本越来越多的重视。

在园区型微电网系统中,由于不需要建设昂贵的35 kV或110 kV变电站和高压配电线路,中压联网型微电网系统成为各类园区建设微电网系统的首选。本文针对目前中压园区型微电网示范工程建设的需要,对中压园区型微电网规划设计过程中的分布式电源和储能配置、一次系统网架结构、微电网保护配置、二次监控系统建设方案等关键问题进行深入分析研究,并研究和探讨可行的解决方案。

1 引园区型微电网特征

园区型微电网系统主要承担高新产业园、经济技术开发区等工商业园区的能源供应服务,是集发电、输电、配电、用电于一体的小型自治供电系统,其主要特征如下:

1)微电网与配电网高度融合。微电网属于配电网的一部分,但中压园区型微电网既是微电网也是配电网,承担与普通中压配电网相同的任务,其网架结构、一次设备和部分二次设备与普通配电网类似。

2)微电网覆盖面积广、系统容量大。按照目前我国中压配电网的供电半径,10 kV或20 kV等级的中压园区型微电网系统理论覆盖面积可达几十平方公里,其系统容量可达到几十兆瓦级或百兆瓦级,能够满足一般工商业园区的供电需求。

3)燃气发电为主要分布式电源。园区型微电网一般位于城镇周边,风力资源往往较差,可再生能源主要依靠屋顶光伏或生物质能源,由于产业园区往往具有供冷和供热的需求,投资商通常考虑配置冷、热、电三联供的燃气发电机组作为主要电源。

4)供电安全性和可靠性要求高。高新产业园、经济技术开发区等工商业园区内重要用户很多,要求园区型微电网具备较高的供电安全性和可靠性。

5)微电网以并网运行模式为主。园区型微电网具备并网运行和独立孤岛运行的能力,但从经济性和可靠性角度考虑,园区型微电网正常情况下采用并网运行模式。

6)监控系统高度集约化和智能化。园区型微电网投资主体主要为社会资本,建设投资成本压力往

往较大,后期运维人员素质则相对不高,这要求微电网运行监控系统具备高度集约化和智能化水平。

7)售电营销业务需求。微电网是小型自治供电系统,是天然售电主体,在新电改条件下,社会资本投资商往往将依托园区型微电网建立售电公司,因此微电网运行管理应具备计量和营销的功能^[5]。

8)综合能源供应服务。园区型微电网可与园区内的企业生产需求有效结合,对具有燃气发电的园区型微电网,在提供电力的同时,开展冷、热、气等综合能源供应服务。

2 园区型微电网电源配置方案

2.1 分布式电源配置

园区型微电网分布式电源配置包括利用可再生资源发电的分布式电源配置和利用非可再生资源发电的分布式电源配置^[6]。其中利用可再生资源发电的分布式电源配置首先需要对园区内可再生资源(主要包括太阳能、风能、生物质等)进行评估,然后根据诸如屋顶面积、风机安装位置等实际约束条件,进一步获得实际可能利用的分布式电源容量,在此基础上,根据国家对新能源微电网中可再生能源的占比要求和微电网建设投资界面约束,最终确定可再生能源配置的种类比例和总体容量;利用非可再生资源的分布式电源配置(如燃气发电等)则需在可再生分布式电源已配置完成的基础上,结合对园区的负荷预测和微电网与外界最大联络功率,通过微电网电力电量平衡计算后,最终确定非可再生分布式电源的配置容量,具体流程如图1所示。

若微电网中配置了燃气轮机(燃机),则还需要考虑以热定电的约束,即根据园区热力供应的需求,对燃气轮机的容量进行配置,若出现供热配置容量与供电配置容量不一致情况,可将容量较大的燃气轮机与容量较小燃气内燃机进行搭配。

2.2 储能配置方案

园区型微电网在正常情况下采用并网运行模式,公共电网往往会对联络线的功率波动进行限制,包括国能新能[2015]265号文中也对联网型微电网并网网络线功率做出约束规定。在一定的并网运行方式下,园区型微电网联络线的大体功率将由微电网主力电源(如燃气发电等)确定,但由于微电网内部存在光伏、风力发电等可再生能源,其出力的随机性和波动性将导致微电网系统功率的波动,

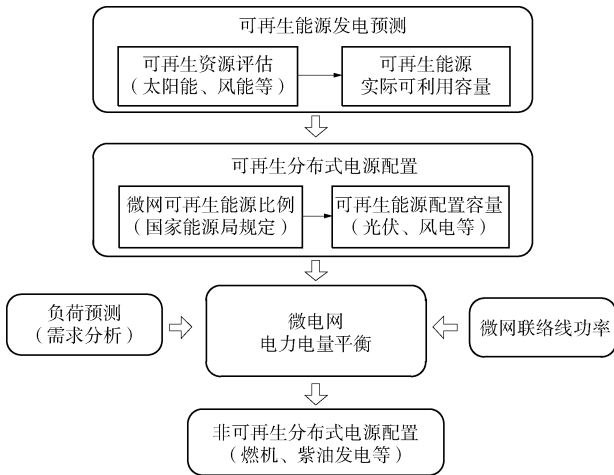


图1 分布式电源配置流程图

Fig. 1 Configuration flow chart of distributed generation

最终反映到联络线功率的波动, 若通过燃气发电等主力电源进行平抑, 不仅响应速度相对较慢, 而且将影响燃气发电机组运行的经济性。而通过配置储能来平抑可再生能源出力波动, 使联络线功率波动处于规定要求范围内, 不仅响应速度快, 有效提升微电网电能质量, 还能确保燃气发电机组的运行经济性。

在园区型微电网规划阶段, 以平抑联络线功率波动为目标配置储能, 需要大量的风光资源和负荷预测数据样本, 考虑到配置的可操作性和普适性, 本文采用如下储能容量计算方法:

$$\begin{cases} P_{Pcc-1}(i) = P_{L-\max}(i) - P_{Gc-p}(i) - P_{Gr-\min}(i) \\ P_{Pcc-2}(i) = P_{L-\min}(i) - P_{Gc-v}(i) - P_{Gr-\max}(i) \\ P_{Pcc}(i) = \max\{|P_{Pcc-1}(i)|, |P_{Pcc-2}(i)|\} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $i(i=1, 2, 3, \dots, 12)$ 表示园区型微电网规划水平年各月份的典型日; $P_{L-\max}(i)$ 和 $P_{L-\min}(i)$ 分别为第 i 个月典型日的最大负荷和最小负荷, 其值根据对应月份的综合日负荷特性预测确定; $P_{Gc-p}(i)$ 和 $P_{Gc-v}(i)$ 分别为第 i 个月典型日负荷高峰和低谷时可控电源(燃气发电、柴发等)的出力值, 由对应月份可控电源的典型运行方式确定; $P_{Gr-\max}(i)$ 和 $P_{Gr-\min}(i)$ 为第 i 个月典型日可再生资源发电(光伏、风电等)的最大出力和最小出力预测值, 由历史典型年对应月份的风光资源确定; $P_{Pcc-1}(i)$ 和 $P_{Pcc-2}(i)$ 分别为第 i 个月典型日(负荷高峰+可再生能源低谷)和(负荷低谷+可再生能源高峰)时联络线的交换功率; $P_{Pcc}(i)$ 则为第 i 个月典型日 PCC 点的最大

交换功率。若 $P_{Ref}(i)$ 为满足并网要求的 PCC 点协议交换功率, 则储能的功率 $P_{Ess}(i)$ 为:

$$P_{Ess}(i) = P_{Ref}(i) - P_{Pcc}(i) \quad (2)$$

选取储能充放电功率 $P_{Ess}(i)$ 的绝对值最大值作为储能额定功率:

$$P_{Ess} = \max\{|P_{Ess}(i)|\} \quad (3)$$

以 1 d 为周期计算储能容量 $E_{Ess}(i)$, 设其最大值和最小值分别为 $E_{Ess}(\max)$ 和 $E_{Ess}(\min)$ 。为了确保储能的充放电寿命, 还需考虑储能的荷电状态 SOC, 若其最大值和最小值分别为 $S_{oc}(\max)$ 和 $S_{oc}(\min)$, 则储能的额定容量计算如下^[7-8]:

$$E_{Ess} = \frac{E_{Ess(\max)} - E_{Ess(\min)}}{S_{oc(\max)} - S_{oc(\min)}} \quad (4)$$

3 园区型微电网一次网架规划方案

园区型微电网既是微电网也是配电网, 不仅需要便于园区内分布式电源的接入和消纳, 同时还需要确保供电安全性和可靠性。为了确保可再生能源尽可能被利用, 园区型微电网内既有采用集中方式接入分布式电源, 也有分散或零散接入的分布式电源, 对容量较大的分布式电源(如燃机、大面积屋顶光伏等)可通过 10 kV 电压等级集中接入, 而容量较小的分布式电源则可通过 0.4 kV 电压等级分散接入。本文根据园区内分布式电源接入特点和高供电可靠性需求, 提出如图 2 所示园区型微电网一次网架拓扑结构。

如图 2 所示, 对于燃机发电、集中式光伏或风电、储能和联络线通过 10 kV 线路直接接入到 10 kV 开关站, 再由开关站通过 10 kV 线路统一向园区中各区域进行供电, 而分散的小型分布式电源则通过 0.4 kV 电压等级接入到各供电台区, 尽可能实现就地消纳, 多余部分则通过升压后输送至周边负荷。上述拓扑结构可有效解决分布式电源集中和分散接入问题, 有利于微电网电能量分配和提高微电网电能质量, 并且便于微电网运行控制。

3.1 开关站母线接线

传统中压开关站母线一般采用单母双分的接线方式, 但考虑到图 2 中开关站是微电网电能量汇集中心, 对整个微电网供电安全性和可靠性至关重要, 在综合考虑投资造价、安全性和可靠性的基础上, 本文选用双母线接线方式, 若需要确保更高

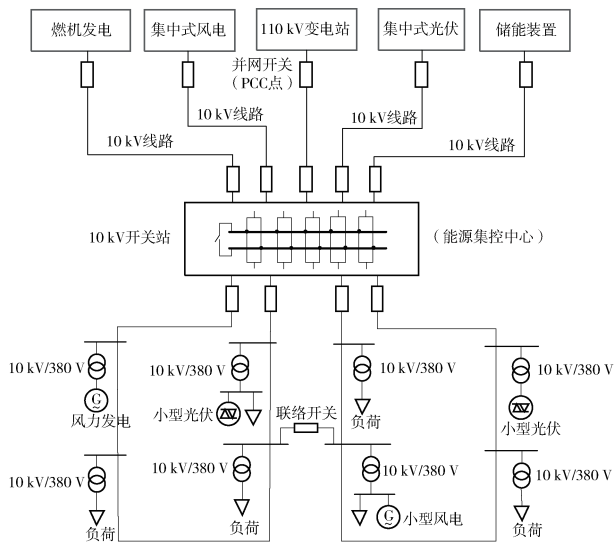


图2 园区型微电网典型拓扑结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of typical topology of zone micro-grid

的供电安全性和可靠性, 则还可以考虑 3/2 接线方式。若单个开关站不能满足微电网容量需要, 则可以配置多个开关站以实现电能的汇集和分配, 此时燃机发电、集中式光伏等可分别接入各开关站母线, 开关站之间的联络则通过从各开关站母线馈出的若干组 10 kV 线路进行互联。10 kV 开关站作为微电网能源汇集点, 从选址位置和建筑空间上考虑, 往往会将微电网监控系统配置在开关站内, 从而形成能源集控中心, 若需配置多个开关站, 则可选择条件较好的开关站作为微电网能源集控中心。

3.2 配电接线模式

从能源集控中心出线的 10 kV 配电网络不仅应具备较高的供电安全性和可靠性, 还应能较好适应分散的分布式电源接入和消纳, 因此需要选择合适的接线模式。目前我国配电网主要采用或借鉴的配电网接线模式有单辐射、单环网、双环网、N 供一备、花瓣型接线等, 这几种典型接线的性能比较如表 1 所示。

由表 1 可知, 花瓣型接线具有最高的供电安全性和供电可靠性, 并且由于花瓣型接线采用合环运行方式, 运行过程中所形成的闭环网络原本就适应双向潮流, 这有利于分布式电源的接入和消纳。本文在借鉴花瓣型接线模式基础上, 采用如图 2 所示的闭环 + 联络的配电接线模式, 能够在有效适应分布式电源接入的同时, 通过相邻闭环网络之间的联

络和互济, 确保较高的供电安全性和可靠性。

表 1 典型接线模式比较^[9]

Tab. 1 The typical wiring mode

接线模式	运行方式	安全准则	供电可靠率	分布式电源接入	线路负载率
单辐射	开环	/	低	一般	100%
单环网	开环	N-1	较高	一般	50%
双环网	开环	N-1	高	一般	50%
N 供一备	开环	N-1	较高	一般	N/(N+1)
花瓣型接线	合环	N-1-1	最高	较好	50%

4 微电网保护方案

微电网保护包括元件保护和系统保护, 分布式电源等元件的保护方案目前已在相关国标、行标和企标里有较多规范^[10-12], 本文重点探讨园区型微电网的系统保护方案。园区型微电网是集发、输、配、用电于一体的小型供电系统, 同时采用中压配电网相同或类似的网络和设备, 因此微电网保护除了体现系统保护特征之外, 同时还应遵循和借鉴传统配电网线路保护方法。目前微电网系统保护方案主要有如下两种。

4.1 自适应保护方案

自适应保护本质属于电流保护的一种, 通过判断电网运行方式, 实时调整保护整定值, 以确保线路保护的选择性、速动性与灵敏性^[13]。由于微电网运行模式多样, 利用可再生能源发电的分布式电源投切和出力具有随机性和间歇性的特点, 实际难以准确判断微电网运行方式, 导致无法实时有效调整保护整定值。另外自适应保护对通信网络要求高, 若微电网的节点数量越多, 则保护整定计算量越大, 对微电网中央控制器的处理能力要求很高^[14-15]。鉴于自适应保护的上述特点, 在微电网保护领域的应用还处于研究阶段, 少数示范应用也只针对小型简单微电网, 目前难以应用到园区型微电网保护当中。

4.2 就地差动保护方案

微电网就地差动保护主要是借鉴主网传统差动方案, 采用专用通信通道进行点对点通信, 动作速度快, 就地差动保护技术比较成熟, 目前已应用到部分微电网示范工程中。但就地差动保护只能反映被保护设备内部的故障, 对其他部分的故障无法提供后备保护。当微电网拓扑结构调整后, 就地差动

保护需重新配置和调整保护二次设备。另外,就地差动保护方案需为每一个线路区段安装一对保护装置,且使用专用的通信通道,构成复杂,投资较大^[16]。

园区型微电网运行监控系统本身需配置中央控制器、具有三遥功能的智能测控终端和光纤通信通道,因此本文提出将广域电流差动保护方案应用到园区型微电网系统保护。广域电流差动保护是利用基于广域测控系统的分布式智能控制技术,实现利用多个站点测量信息的广域保护^[17-18]。与传统就地差动保护相比,其优势如下:

1)通过网络通信获取其他测点的电流信息,可作为其他部分的后备保护,在线路故障时,可避免由于主保护拒动导致的能源集控中心出线开关跳闸。

2)基于智能测控终端,可通过微电网中央控制器控制,使其处于不同的保护模式和参数设置,从而灵活适应微电网运行方式和网架结构的变动。

3)广域电流差动保护与微电网监控系统共用终端设备和通信通道,无需专用的通信通道,大幅降低投资费用。

目前广域电流差动保护已进入工程应用阶段,国内主要的配电自动化设备厂商,如南瑞科技、北京四方等企业已开发出成熟的保护测控一体化终端及监控平台,使广域电流差动保护的应用实施具备软硬件设备条件;在具体应用方面包括国家 863 项目在内的许多示范工程已开展先期试点,如佛山智能配电网自愈控制(国家 863 项目示范工程)、厦门思明分局广域式测控(国家电网科技项目)等示范工程均对广域电流差动保护方案进行了工程验证,并取得了良好效果。此外,国内一些先进城市也已开展广域电流差动保护的推广应用,如深圳前海等区域的智能配电网已明确采用广域电流差动保护方案^[19]。

本文针对图 2 所示的园区型微电网典型拓扑结构,对采用广域电流差动保护的园区型微电网保护方案进行分析说明,具体保护配置如图 3 所示。

如图 3 所示,微电网中的智能测控终端包括开关站智能测控终端和配电线路中具有保护测控功能的 DTU 装置,系统整体保护方案如下:

1)110 kV 变电站和分布式电源的出线开关均配置电流速断保护,其动作时限按 0.3 s 以上配置,

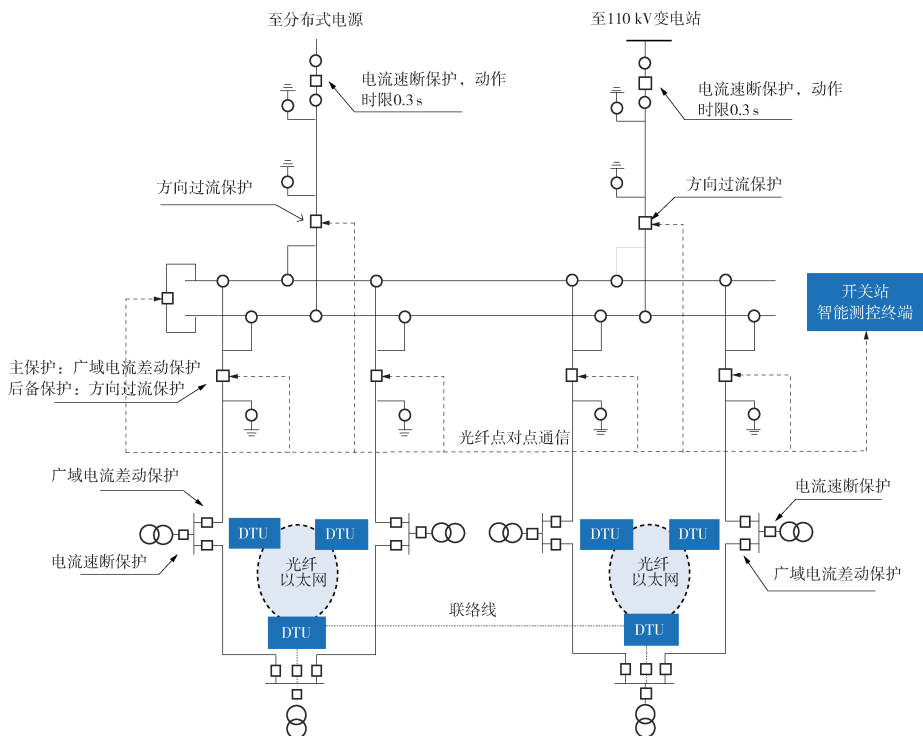


图 3 园区型微电网典型保护配置方案

Fig. 3 Typical protection configuration scheme of zone type micro-grid

以确保下游故障时保护的选择性。

2) 考虑到 10 kV 开关站是园区型微电网能量汇集中心, 为了降低 10 kV 开关站母线故障对微电网安全运行的影响, 通过利用开关站智能测控终端对开关站进出线断路器进行点对点的通信, 利用广域电流差动保护实现母差保护。

3) 配电线路保护则通过线路上各 DTU 之间的点对点通信实现差动保护, 其中开关站出线保护采用广域电流差动保护作为主保护, 并采用方向过流保护作为后备保护。

5 二次监控系统规划

5.1 微电网控制架构

微电网监控系统可采用二层和三层控制架构, 对于低压用户侧微电网, 其规模容量小, 运行控制较为简单, 一般采用二层控制结构, 即底层为分布式电源和监控终端, 顶层为微电网中央控制器。园区型微电网规模和容量较大, 分布式电源和重要负荷较多, 与低压用户侧微电网相比, 其安稳控制和运行管理的难度都大幅度增加。本文针对园区型微电网的安稳控制需要, 将园区型微电网短时间尺度控制和长时间尺度控制分开考虑, 构建如图 4 所示的三层控制层级, 即包括就地控制层、集中控制层和系统控制层^[20]。

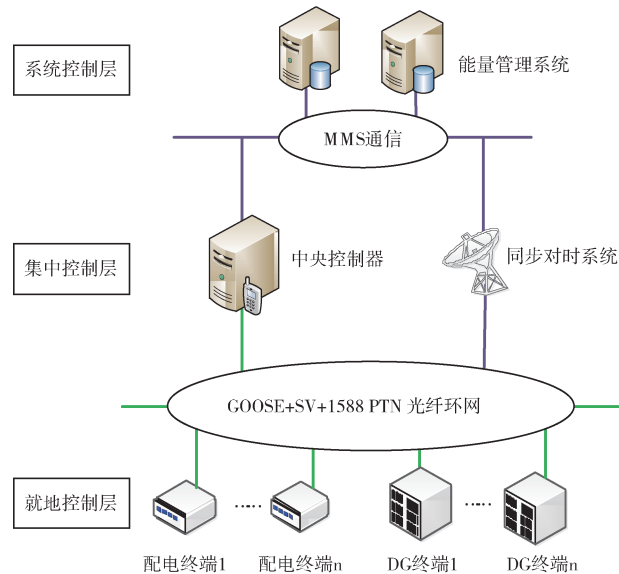


图4 园区型微电网控制层级

Fig. 4 The zone type micro-grid control hierarchy

1) 就地控制层。就地控制层对应分布式电源控制终端和智能监控终端, 负责所属元件的运行监

控, 向集中控制层和系统控制层上传运行监控信息, 并接受上层的控制指令, 采用 GOOSE/SV 与集中控制层快速通信, 通过 MMS 与系统控制层通信。

2) 集中控制层。集中控制层对应微电网中央控制器, 主要完成微电网短时间尺度的运行控制, 包括实时联络线功率控制、广域保护控制、微电网紧急控制等, 通过 GOOSE/SV 通信和采集系统关键数据以实现实时控制。

3) 系统控制层。系统控制层对应微电网能量管理系统, 主要完成微电网长时间尺度的控制以及微电网运行管理, 具体包括微电网经济优化运行控制、发电和负荷预测、微电网运行方式管理等, 通过 MMS 通信详细采集微电网运行数据。

5.2 园区型微电网一体化控制系统

园区型微电网是集发、输、配、用电于一体的小型供电系统, 属于小而全的电力系统, 若按传统的思路分别建设微电网监控、管理、计量等系统, 不仅建设投资成本高, 而且投产后的运行和维护难度大, 不利于园区型微电网推广和应用。本文从园区型微电网建设和运营的集约化和智能化角度考虑, 提出将微电网各类业务功能集成到统一的控制平台, 构建园区型微电网一体化控制系统, 其架构如图 5 所示。

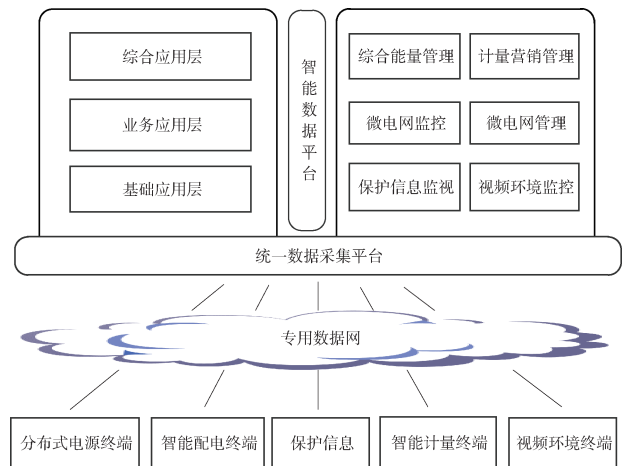


图5 园区型微电网一体化系统架构

Fig. 5 The integration of system architecture in zone type micro-grid

如图 5 所示, 分布式电源运行数据、配电运行数据、各类保护信息、计量用电数据和视频环境监控数据通过专用数据网上传至微电网数据采集平台, 在遵循 SOA 架构体系和统一模型基础上, 将

基础应用层、业务应用层和综合应用层功能集中到统一控制平台,从而实现园区型微电网系统的一体化控制与管理。在一体化系统应用业务功能中,微电网监控实现微电网主接线实时监控、系统运行指标实时监控、分布式电源及负荷实时监控;微电网管理实现发电和负荷预测、运行模式管理、经济优化运行等;计量营销管理实现分布式电源和负荷计量自动化、售电计费、客户管理等营销功能;视频环境监控对分布式能源站、能源集控中心等设施监控,实现设备监控无人值守,提升微电网管理智能化水平;综合能量管理负责园区内冷、热、电、气等综合能源能效统计和分析,实现多种能源的协调控制和配合。

6 分布式电源配置案例

本文以南方沿海某园区微电网规划为例,对所提的分布式电源配置方案应用进行简要说明。该园区首期规划面积约 2.5 km^2 ,未来人口约为5万人,以IT、能源环保、新材料等为支柱产业。园区内光照年总辐射平均值为 $4\ 279.58\text{ MJ/m}^2$,太阳能资源较丰富;园区内年平均风速约 5.4 m/s (50 m 高处),达到中小型风机运行的风速要求。另外,由风光资源历史数据表明,园区风力和太阳能资源具有较好的季节互补性。

根据园区控制性详细规划,采用负荷密度法预测园区最大负荷为 63 MW ,年用电量约 0.26 TWh 。通过与电网公司协商,微电网并网协议交换功率不超过 15 MW 。根据园区内光照和风速情况,结合场地勘测结果,园区内可配置 10 MWp 屋顶光伏和 $8\times 750\text{ kW}$ 山地风力发电(暂未考虑可再生能源配置比例),在将风机和光伏纳入电力平衡计算时,根据最大负荷时光伏和风机的平均出力情况,在装机容量基础上乘以 0.35 可信系数。在确定可再生能源容量的基础上,结合园区最大负荷和并网交换功率进行电力平衡计算,需再配置利用非可再生能源发电容量约 43.2 MW ,考虑到旋转备用等因素,配置 $3\times 15\text{ MW}$ 的燃气发电。

在配置微电网储能时,通过考虑园区各种不同负荷所占的比重,以及对各类型不同负荷特性的综合拟合,获取园区规划水平年各月典型日综合负荷曲线,从而获得各月典型日最大负荷和最小负荷;由历史典型年各月风光资源数据预测规划水平年各

月风光资源,获得各月典型日风光的最大和最小出力;设定典型日负荷高峰和低谷时燃机发电出力分别为最大和最小负荷的 0.9 ;设定储能系统SOC运行区间为 $[40\%, 100\%]$ 。根据以上参数,由式(1)~式(4)计算得到需配置的储能容量为 4 MWh 。综合以上说明和分析,园区分布式电源配置方案如表2所示。

表2 电源配置方案

Tab. 2 The configuration of distributed generation

名称	电力平衡计算功率/MW	规划配置容量	备注
负荷预测	63.0	/	/
交换功率	15.0	/	/
光伏发电	3.5	10 MWp	考虑可信系数
风力发电	2.1	$8\times 750\text{ kW}$	考虑可信系数
燃气发电	43.2	$3\times 15\text{ MW}$	考虑旋转备用
储能系统	/	4 MWh	/

7 结论

1) 高新产业园、经济技术开发区等新建配电网是未来配电网增量的主要来源,是社会资本投资配售电业务的重点区域,而建设园区型微电网有利于配售电主体的构建,且符合国家发展新能源微电网的方向,受到政府和社会资本投资商的重视。

2) 园区型微电网的主力电源宜采用冷、热、电三联供的燃气发电机组,其容量配置应以园区内可再生能源尽可能利用为前提;园区型微电网属于联网型微电网,储能系统配置应以平抑联络线功率的频繁波动为目标,以确保燃气发电机组的经济运行。

3) 微电网一次网架结构应便于集中式和分散式分布式电源接入,且能适应分布式电源接入后的潮流的双向流动,同时具备较高的供电可靠性。通过将电力流汇聚到能源集控中心,再通过闭环加联络的配电网络实现可靠供电,能较好的满足园区分布式电源接入和消纳需求。

4) 微电网系统保护应因地制宜,通过结合微电网已具备的智能终端和通信通道,有利于将广域电流差动保护方案应用到园区型微电网保护;由于园区型微电网规模和容量较大,采用三层控制架构有利于微电网安全控制;从建设和运营集约化和智能化角度考虑,宜构建微电网一体化智能监控系统。

参考文献:

- [1] 中共中央国务院. 中共中央国务院关于进一步深化电力体制改革的若干意见(中发[2015]9号文)[EB]. 2015-02-31.
- [2] 国家能源局. 国家能源局关于推进新能源微电网示范项目建设的指导意见(国能新能[2015]265号文)[EB]. 2015-07-13.
- [3] 鲁宗相,王彩霞,闵勇,等. 微电网研究综述[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(19): 101-102.
LU Z X, WANG C X, MIN Y, et al. Overview on micro-grid research[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(19): 101-102.
- [4] 杨新法,苏剑,吕志鹏,等. 微电网技术综述[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(1): 57-70.
YANG X F, SU J, LÜ Z P, et al. Overview on micro-grid technology[J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(1): 57-70.
- [5] 周宇,杨知方,钟海旺,等. 售电侧市场的工业园区能源代理模式设计[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(17): 147-152.
ZHOU N, YANG Z F, ZHONG H W, et al. Energy agent mechanism design for industrial parks in retail electricity markets[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(17): 147-152.
- [6] 肖峻,白临泉,王成山,等. 微网规划设计方法与软件[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(25): 149-157.
XIAO J, BAI L Q, WANG C S, et al. Method and software for planning and designing of microgrid[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(25): 149-157.
- [7] 肖峻,张泽群,张磐,等. 用于优化微网联络线功率的混合储能容量优化方法[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(12): 19-26.
XIAO J, ZHANG Z Q, ZHANG P, et al. A capacity optimization method of hybrid energy storage system for optimizing tie-line power in micro-grids[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(12): 19-26.
- [8] 王成山,于波,肖峻,等. 平滑微网联络线功率波动的储能系统容量优化方法[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(3): 12-17.
WANG C S, YU B, XIAO J, et al. An energy storage system capacity optimization method for microgrid tie-line power flow stabilization[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(3): 12-17.
- [9] 谢晓文,刘洪. 中压配电网接线模式综合比较[J]. 电力系统及其自动化学报, 2009, 21(4): 94-99.
XIE X W, LIU H. Integrated contrast on connection modes of mid-voltage distribution networks[J]. Proceedings of CSU-EP-SA, 2009, 21(4): 94-99.
- [10] 国家标准化管理委员会. 光伏系统并网技术要求: GB 19939—2005[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [11] 国家能源局. 分布式电源接入配电网技术规定: NB/T 32015—2013[S]. 北京: 中国电力出版社, 2013.
- [12] 国家电网公司. 分布式电源接入电网技术规定: Q/GDW 480—2010[S]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [13] LAAKSONEN H J. Protection principles for future micro-grids[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2010, 25(12): 2910-2918.
- [14] 贾清泉,孙玲玲,王美娟,等. 基于节点搜索的微电网自适应保护方法[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(10): 1650-1657.
JIA Q Q, SUN L L, WANG M J, et al. An adaptive protection method for micro-grid based on node searching[J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(10): 1650-1657.
- [15] 赵上林,吴在军,胡敏强,等. 关于分布式发电保护与微网保护的思考[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(1): 73-77.
ZHAO S L, WU Z J, HU M Q, et al. Thought about protection of distributed generation and microgrid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(1): 73-77.
- [16] 孙鸣,程杰. 微电网继电保护中特殊性问题解决方案的探讨[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(19): 137-141.
SUN M, CHENG J. Discussion on special problem solutions for relay protection in micro-grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(19): 137-141.
- [17] 徐丙垠,薛永端,李天友,等. 智能配电网广域测控系统及其保护控制应用技术[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(18): 2-9.
XU B Y, XUE Y R, LI T Y, et al. A wide area measurement and control system for smart distribution grids and its protection and control applications[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(18): 2-9.
- [18] 童荣斌,牟龙华,庄伟. 微电网的有限区域集成保护[J]. 电力系统自动化, 2012, 38(11): 90-96.
TONG R B, MOU L H, ZHUANG W. Limited area integrated protection of microgrid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 38(11): 90-96.
- [19] 王廷凰,黄福全,时伯年. 城市配电网广域控制保护技术应用研究[J]. 南方电网技术, 2014, 8(4): 112-115.
WANG T H, HUANG F Q, SHI B N. Research on wide area control and protection technique for urban distribution network[J]. South Power System Technology, 2014, 8(4): 112-115.
- [20] 王成山,武震,李鹏. 微电网关键技术研究[J]. 电工技术学报, 2014, 29(2): 1-13.
WANG C S, WU Z, LI P. Research on key technologies of micro-grid[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(2): 1-13.