

海岛新能源微网系统设计

席旻旻¹, 张晓燕¹, 王怡婷², 陈 琪¹

(1. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 210061; 2. 澳大利亚墨尔本大学, 维多利亚州 3010)

摘 要: 本文简单地介绍了新能源微网系统的基本系统架构及组成, 以浙江舟山海岛新能源微网系统的总体方案为例, 详细地介绍了海岛微网系统的一次架构及组成, 并重点描述了通过综合利用物理连接、架构建立、信息交互、能量管理等手段, 将新能源发电装置、储能装置、监控设备、电力网络及用户负荷结合的二次系统的建设方案。

关键词: 微网; 建设方案; 可再生能源; 新能源

0 引言

海岛及其周围海洋中蕴藏着人类所需要的丰富自然资源, 但由于海岛的大多处于偏远地区, 使得海岛供电具有输电距离远、输电成本高的特点, 极大地限制了我国海洋战略实施^[1]。目前, 能够解决偏远地区的供电问题, 拥有自己的分布式可再生能源, 能够实现多种能源综合互补利用的独立微网系统是建立海岛自供自足的供电网的最好选择。

海岛新能源微网以分布式发电技术为基础, 通过对分布式发电设备的综合监控和微网系统的能量管理, 合理调配风/光/储/海流/发电设备为核心的分布式发电设备, 有效地实现对各种新能源发电资源状态进行监视和控制, 确保电力安全、可靠、经济地供给, 成为综合开发利用海岛资源的重要手段。

1 总体方案

1.1 微网

1.1.1 微网简介

微型电网, 简称微网。目前, 对微网的定义相对较为经典的是由美国电力可靠性技术解决方案协会 (CERTS-Consortium for Electric Reliability Technology Solutions) 给出: 微网是一种由负荷和微型电源共同组成的系统, 它可同时提供电能和热量; 微网内部的电源主要是由电力电子装置负责能量转换, 并提供必须的控制; 微网相对外部大电网表现为单一的可控单元, 同时满足用户对电能质量和供电可靠性、安全性的要求^[2]。

微网是一个能够实现自我控制、保护和管理的

自治系统。其容量一般为数千瓦至数兆瓦, 通常接在中低压配电网中, 既可以与外部电网并网运行, 也可以孤立运行, 是智能电网的重要组成部分。

微网既可以与大型电力网并联运行, 也可以独立地为当地负荷提供电力需求。微网既可并网运行, 又可以离网运行, 大大提高了负荷侧的供电可靠性。通过微网接入电网, 可以实现微网内部波动的平抑消纳, 减少分布式电源接入电网的影响, 降低新能源对电能质量的恶化; 另外通过分布式电源和分布式储能的优化组合运行, 可以提高分布式电源的消纳能力, 改善新能源发电的互补性。因此成为发展新能源的最重要形式。

1.1.2 微网结构

微网的基本结构如图 1 所示, 微网系统中包含风电\光电\水电\燃料电池等多个分布式电源和多个储能装置联合向负荷供电。整个微网对外是一个整体, 通过断路器和公共连接点 PCC 与公用大电网相联。

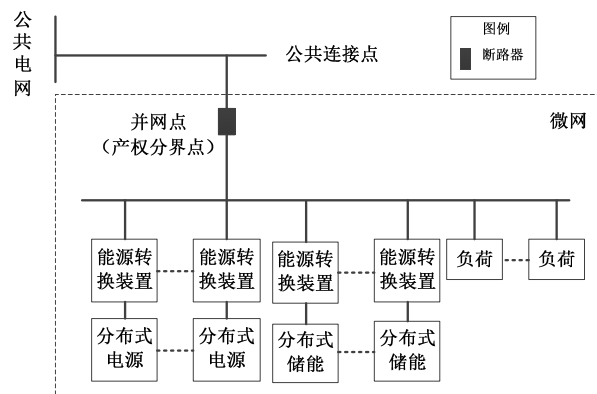


图 1 微网的基本结构图

1.2 浙江舟山海岛微网系统

根据舟山群岛的自然条件^[3]及供电需求,将整个微网系统作为典型的海岛新能源电站分布式智能监控系统,以风、光、储及海流能进行混合能源发电,发电总功率为 5210kW。此微网主要是由分布式电源、储能装置、能量转换装置、相关负荷和监控装置组成的小型发电系统。海岛微网输出电压为 10kV,直接接入农网 10kV 开闭所的 10kV 母线,如图 2 所示。

舟山海岛微网一次网架采用 1 回线路,将多种分布式能源接入农网 10kV 开闭所母线 I 段;整个系统的接入容量为 5210kW,其中分布式电源包括 3000kW 风力发电机组、500kW 光伏系统、310 kW 海流能发电机组和 200kW 柴油发电机组;储能系统包括 1000kW/500kWh 锂电池和 200kW 超级电容。

微网与农网开闭所的公共连接点为农网开闭所 10kV 母线;用户侧 10kV 母线接入农网开闭所的断路器为并网点,同时也是产权分界点。

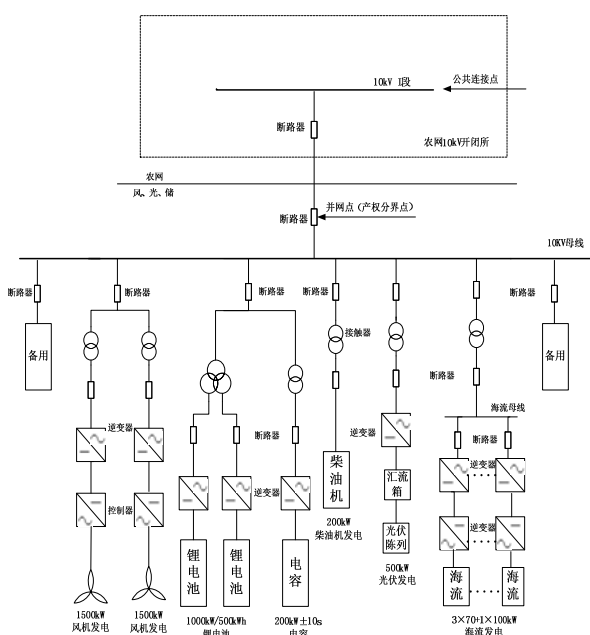


图 2 舟山海岛微网一次网架

2 二次系统设计

2.1 二次系统架构

根据海岛微网系统的一次网架,结合舟山海岛现状设计二次系统,包括能量管理系统、继电保护和自动装置、微网集中控制装置、远动和通信

实现、计量及辅助装置等。整个海岛微网的二次系统采用三层体系架构,从上到下依次为能量管理层、协调控制层及就地控制层:

2.1.1 能量管理层

此层由海岛微网能管理主站(包括服务器和前置机)及网络通信设备等组成。该层是系统的主要管理层。

2.1.2 协调控制层

此层由微网集中控制装置、远动装置和电能质量监测主站组成。该层是系统的中间层。

2.1.3 间隔层

此层由各类采集及控制终端装置,包括电能质量监测终端、保护测控装置、安全自动装置、电能表、逆变器及柴油机控制器等,其中电能质量监测终端接入电能质量监测主站后与海岛微网管理系统实现互联。该层完成对系统对一次设备的管控。

整个二次系统的整体构架如图 4 所示。

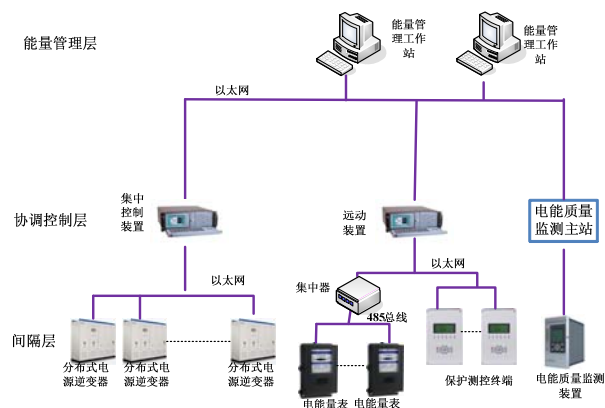


图 3 海岛微网二次系统整体构架图

2.2 二次系统功能

海岛微网二次系统实现海岛微网的能量管理、系统控制和保护监控等功能,保证海岛微网安全可靠高效地运行。各层功能如下所述:

2.2.1 能量管理层

由海岛微网能量管理主站分析处理相关采集的数据,调整发电控制策略、进行能量管理,通过优化调整微网的运行方式,实现微网提供电能的优质性和经济性。

2.2.2 协调控制层

集中控制装置直接快速有效地控制单体设备,如分布式电源的逆变器和柴油发电机组的控制器等,保护微网系统安全可靠运行;同时上传设备状态数据给上层管理主站,提供系统发电控制策略和

能量优化所需数据；集中控制系统反应时间为毫秒级。

远动装置在远端控制现场设备，获得各保护测控点数据，控制开关状态，并将数据传给当地电网调度中心和本地能量管理系统，为上层管理系统实现能量优化做准备；同时，远动装置通过电能量集中装置采集电能表数据，并上送到能量管理主站对电能量进行计量。

电能质量监测主站获取电能质量监测装置的数据，并整理分析后上送能量管理主站，完成微网电能质量监测。

2.2.3 间隔层

电能质量监测终端对电能质量数据进行全天候不间断监测，采集后上传电能质量监测主站。

电能量集中装置通过串行通信网络采集电子式多功能电能表的数据，经过预处理、存储，以约定的形式传送到远动装置。

保护测控装置和安全自动装置等采集微网相关监测点数据，实现对监测点的保护测控，保证系统的稳定。

3 能量管理系统

微网能量管理系统需要实现的基础应用和高级应用功能如图 4 所示。



图 4 微网能量管理系统

3.1 基础应用功能

3.1.1 数据收集和监控。

监测分布式电源、集电线路、低压柜的各种参数和状态数据采集与显示。

3.1.2 储能子系统运行监控

对储能电池的实时运行信息、报警信息进行全面的监视，并对储能进行多方面的统计和分析，实现对储能的全方面掌控。

3.1.3 分布式发电预测预报

实现分布式电源日内（超短期）预测、次日（短期）预测、中长期预测。

3.2 高级应用功能

3.2.1 风光储协调控制功能。

结合负荷预测信息、分布式电源功率预测信息，利用智能优化算法，就可以进行电网的运行方式和调度计划优化决策计算，提高风电调度和电网运行的经济性、可靠性。

3.2.2 联络线功率控制。

通过对微网内分布式电源、储能系统以及负荷的统一调度，在首先满足微网内负荷需求的情况下，将微网对外联络线功率波动控制在允许范围之内，使微网对于主电网而言，成为一个可控自治系统。

3.2.3 并网离网切换功能。

微网模式切换控制主要根据主网和微网内部的运行情况，确定其运行模式。主要包括：并网运行和独立运行两种状态。

3.2.4 电能统计分析功能。

通过在微网各分布式电源及储能的并网逆变器出线回路以及分布式电源总出口、微网与上层电网连接点处、各类负荷母线处安装电能计量仪，实时监测分布式电源的发电情况、各类负荷的用电情况。

3.2.5 电能质量监测分析。

通过在分布式电源输出回路、微网与上层电网连接处安装电能质量监测仪，对系统的电源回路进行全面测量，监视系统电能质量。

3.2.6 经济性分析功能。

通过项目各分布式电源的发电量、运行状况、以及建设投资的分析与对比，计算项目投资回报率，实现对各个项目的技术、经济指标的客观评价。

4 通信方案

舟山海岛微网二次系统通信网络拓扑如图 5 所示。整个通信网络分二层网间通信：即能量管理层和协调控制层设置之间的通信网络及协调控制层和间隔层设备之间的通信网络。

4.1 站控层通信网络

海岛微网能量管理系统通过站控层通信网络与微网集中控制器、远动装置和电能质量监测主站实现互连。各装置使用 RJ45 线接入该通信网络。通讯设备采用以太网交换机。通信规约可采用

IEC104。

4.2 间隔层通信网络

间隔层通信网络分为微网集中控制器与分布式电源的通信网络（微网控制通信网络）、远动装置与 SCARD 间隔层设备的通信网络（SCARD 间隔层通信网络）、电能质量监测设备和电能质量监测装置之间的通信网络（电能质量监测通信网络）。

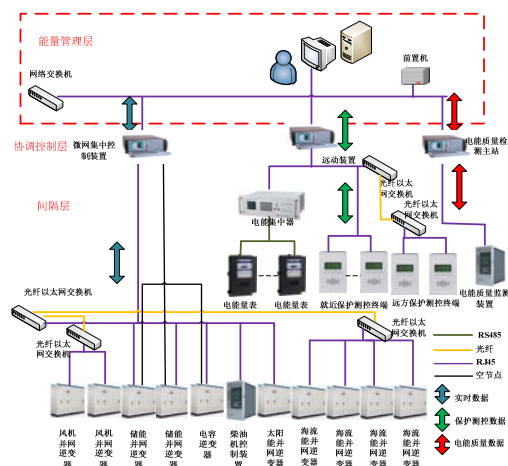


图5 浙江舟山海岛微网二次系统通信网络拓扑

4.3 通信安全

为保证海岛微网系统内计算机监控系统的安全稳定可靠运行，防止站内计算机监控系统因网络黑客攻击而引起电网故障，二次安全防护实施方案配置^[4]如下：

- 1) 按照“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”的基本原则，配置站内二次系统安全防护设备。
- 2) 纵向安全防护：控制区的各应用系统接入电力调度数据网前应加装 IP 认证加密装置，非控制区的各应用系统接入电力调度数据网前应加装防火墙。
- 3) 横向安全防护：控制区和非控制区的各应用系统之间宜采用 MPLS VPN 技术体制，划分为控制区 VPN 和非控制区 VPN。

若采用电力数据网接入方式，需相应配置 1 套纵向 IP 认证加密装置和 1 套硬件防火墙。若采用无线专网方式，需配置加密装置。

5 结论

海岛电网设计具有一定的特殊性，由于其自然条件和社会条件的各异，不存在完全相同的建设案例，使得海岛微网的建设具有一定的复杂性。

本文以舟山海岛示范项目为例，研究了以风电、光伏发电、超级电容、锂电池、柴油发电机以及海流能发电为代表的新能源混合发电技术，对此类混合发电型微网的系统架构进行了介绍，对项目的二次系统进行了详细地介绍，进一步推进了海岛微网系统在我国产业化研究。

参考文献：

- [1] 辛焕海, 周飞, 杨欢, 等. 摘箸山海岛新能源电网设计关键技术[J]. 系统科学与数学, 2012, 32(4):396-409.
- [2] Caire R, Retiere N, Martino S, et al. Impact Assessment of LV Distributed generation on MV Distribution network[A], 2002 IEEE Power Engineering Society Summer Meeting [C], 2002:1423-1428.
- [3] 王兆忠, 李伟朝, 王定元. 舟山群岛新能源开发利用现状和前景[J]. 可再生能源, 2009, 27(4) : 112-114.
- [4] 国家电网公司. 分布式电源接入系统典型设计[Z]. 北京：国家电网公司，2013.

作者简介：

席晓旻（1983-），女，江苏南京人，工程师，研究方向为智能电网及微电网研究，E-mail：yy_xi922@163.com；

张晓燕（1987-），女，山东德州人，工程师，研究方向为智能电网及微电网研究；

王怡婷（1988-），女，江苏南京人，研究方向为智能电网；

陈琪（1976-），女，江苏兴化人，高级工程师，研究方向为智能电网电力市场。