

离网型微网案例分析及相关问题

王 亮

河北能源工程设计有限公司, 河北 石家庄 050531

[摘要]介绍了西藏阿里风光水柴储能离网型微电网项目的概况,结合地区负荷情况及特性,设计建设一座风光柴储的发电系统,以10kV电压等级与水电站并网,通过水电站配电网线路为区域电网供电,同时分析了微电网的组成及各部分的功能要求,最后对微电网项目的保护配置及控制策略进行了探讨。

[关键词]风光水柴微电网;微电网控制;保护;储能系统

DOI: 10.33142/hst.v8i1.15171

中图分类号: TM732

文献标识码: A

Case Analysis and Related Issues of Off Grid Microgrids

WANG Liang

Hebei Energy Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050531, China

Abstract: This paper introduces the general situation of the wind power, water diesel energy storage and off grid micro grid project in Ali, Xizang, and designs and builds a wind power, water diesel energy storage and off grid power generation system in combination with the regional load conditions and characteristics, which is connected to the grid with a 10kV voltage level and supplies power to the regional grid through the distribution network lines of the hydropower station. At the same time, this paper analyzes the composition of the micro grid and the functional requirements of each part, and finally discusses the protection configuration and control strategy of the micro grid project.

Keywords: wind solar water diesel microgrid; microgrid control; protection; energy storage system

1 项目建设背景

我国的大电网经过几十年的快速发展,已成为覆盖全国大部分区域的主要电力供应渠道;但是新疆、西藏以及近海岛屿等偏远地区因自身距大电网较远,若通过大电网供电存在投资高、损耗大、故障率高的问题,很难实现偏远地区的不间断供电;近年来随着风力发电、光伏发电为代表的分布式发电的大力发展,以分布式电源为依托,配合大规模储能单元的微电网发电系统,已成为解决偏远地区用电的首选方案。

一种典型的微网是由多种分布式发电单元、储能系统及符合组成,并由统一的能量管理系统进行调控和管理。微电网系统既可与大电网并网运行,也可以独立运行。

措勤县位于西藏阿里地区东南部,东北方是地势高亢、地域辽阔的羌塘高原,西部则是地势险峻,沟壑纵横的冈底斯山北支。措勤县处于这两大地理单元的交汇处,全县平均海拔4700m,地理坐标处于东经 $84^{\circ}10'00''$ — $86^{\circ}14'30''$,北纬 $29^{\circ}40'25''$ — $31^{\circ}41'15''$,地属高寒荒漠气候,干燥、寒冷。全县年平均气温 0.2°C ,最低月平均气温 $-10\sim-12^{\circ}\text{C}$,最高月平均气温 10°C ;厂区内多大风,8级大风的天数达112~150天,每年12月至次年5月,大风极多,占全年大风日数的75%,平均风速 4.4m/s ,最大风速 30m/s ,风向比较不稳定;措勤县太阳能资源极为丰富,年均太阳能辐射量 7926MJ/m^2 ,年均日

照时数3000h左右,平均日照率为76%。

措勤县地区主要用电负荷包括照明、电炊、农业电力提灌、广播站及其他公益事业等,统计当地的用电负荷约为200kW,随着人口的增长以及工业用电设备的增加,未来几年的负荷预期会达到646kW左右,当前该区域主要有自备柴油机及措勤县960kW水电站供电,因水电站发电量受季节性影响较大,近年来发电量越来越难以满足用电负荷的增加。

措勤县地区具有丰富的可再生能源,太阳能辐照度较高、温度较低,冬季大风日数较多,比较适合建设光伏、风力分布式发电。且在那些偏远的、交通相对闭塞的村落,采用建设周期短、维护量小、安全稳定以及操作简便、一次性投入长期受益的光伏发电技术来解决措勤县的用电问题,可以最大程度地保证当地电力的供应,促进地区的经济发展、社会稳定。

2 项目配置方案

结合地区负荷情况及特性,计划在措勤县建设一座风光柴储的发电系统,以10kV电压等级与水电站并网,通过水电站配电网线路为措勤县供电。为了充分利用太阳能资源和风能资源,满足用电负荷要求,选定装机容量500kW,因本电站位于西藏阿里地区,海拔较高,气压较低,对设备的要求较高。电站装机容量较小,经比较光伏组件选定245Wp晶硅光伏组件,共安装1800块,光伏发

电系统装机容量 441kW；风力发电机选定 30kW 风力发电机组，共安装两台，风力发电系统装机容量 60kW，电站累计装机容量 500kW；考虑到分布式电源具有间歇性及不可控性的特点，本工程配置了 2400kWh 的铅酸蓄电池储能系统及 300kWh 的锂电池储能系统，并配置了 1 台 300kW 的柴油发电机（降容 50%，按 150kW 考虑）用于应对极端情况下重要负荷供电。

2.1 光伏发电系统

本项目设计选取峰值功率为 245W 的晶硅光伏组件 1800 块，20 块串联 90 并联，组成 441kW 光伏发电方阵；配置 1 台 500kW 的并网逆变器及 1 台 500kW 光伏交流配电柜，输出 380V 交流电。

2.2 风力发电系统

本项目选取 30kW 风力发电机组 2 台，组成 60kW 风力发电系统；每台风力发电机分别配置 1 台风机变流器及 1 面交流柜，输出 380V 交流电。

2.3 电池储能系统

储能系统分为 2 个储能单元。第一单元由 1200 块 2V 1000Ah 铅酸蓄电池组成，300 块蓄电池串联，4 个蓄电池组串并联，配置 1 台 630kW 的逆变器，输出 380V 交流电。

第二单元由 672 块 3.24V 150Ah 磷酸铁蓄电池串联组成，168 块蓄电池串联，4 个蓄电池组串并联，配置 1 台 630kW 的逆变器，输出 380V 交流电。

2.4 柴油发电机系统

本工程选用 300kW 一体化柴油发电机房，降容 50% 考虑，输出 380V 交流电；

本工程预留容量为 150KVA 的滤波补偿柜 1 台。

本工程共设两个电压等级，高压 10kV，低压侧 380V，低压侧采用单母线分段接线方式，各个分布式发电单元及储能单元输出的交流电分别接到 380V 两段母线，高压侧采用单母线接线，两段 380V 交流母线分别经 1 台 1250kVA 变压器升压至 10kV，最后通过 1 回 10kV 出线与水电站并网。

3 能量管理系统

能量管理系统是以计算机监控系统及电力系统软件为支撑的综合自动化系统；微电网的能量管理系统主要运行目标包含：（1）实现分布式发电功率平滑控制；（2）闭环控制系统实现自动无功电压控制；（3）实现电网静态稳定分析；（4）制定发电计划、调节各个发电单元及储能单元的输出，确保产能与消耗功率平衡。

能量管理系统一般应包括数据采集、能量管理、网络分析三大功能；数据采集功能是采集各个分布式电源系统的实时数据及运行状态，接收下能量管理下发的控制指令，调节各个分布式电源输出功率及储能单元的充放电；能量管理模块功能包含接收数据采集单元的信息，接收网络分析中各节点电气量信息，进行负荷预测，制定发电计划执行；网络分析功能包含统计微网系统各节点的潮流分布和

电气量信息，确保系统安全运行。

本项目配置了一套数据监控系统，采集风光柴储发电系统各个单元的运行及故障报警信息，能量管理系统所需的数据直接从监控系统站控层交换机提取。

主要的运行监控信息包含：

模拟量测量：对所有受控站的变压器电流、电压及 10kV 线路电流电压、380V 母线电压、各分布式电源输出 380V 电流、光伏阵组串电压、逆变器、储能 PCS 直流电压、10kV 线路有功、无功功率等信息。

逆变器数据采集及监测，包括采集输入输出功率，当日及总发电量，输入输出电压、电流，逆变效率，逆变器状态，故障和告警信息等。

继电保护数据采集：通过大量的国际和国内标准和标准的规约库实现与各种厂家的继电保护通信，采集处理继电保护设备的实时数据，定值，录波和事故。

环境监测数据采集：采集处理太阳辐照度、风速、风向、环境及电池板温度。标准的模拟量数据采集，方便了太阳能发电系统中太阳辐射、风向、风速、温湿度等环境设备的接入，为数据的采集、处理提供了丰富的软硬件平台。

状态量测量：包括 10kV 断路器、手车位置、变压器分接头，380V 断路器等位置信息；柴油发电机启停位置等。

本项目能量管理系统配置有能量管理模块，通过数据采集单元获得各个分布式电源的当前工作状态及即时的有功、无功功率，通过网络分析单元获得配电网系统中各个节点的电压、频率值，对所有的采集信息进行分析，预测下一时刻负荷变化信息，指定发电计划，调节各个分布式电源的输出及储能单元充放电模式及充放电功率。

本项目能量管理系统配置有网络分析软件，主要由实时网络状态分析、调度工程师潮流分析、网络模型安全分析组成。

其中，实时网络分析主要通过对相关的数据进行分析，剔除明显不合理的数据，并对合理的系统网络元件状态进行仿真处理，将微电网发电系统简化为物理节点模型，并建立相应的网络方程进行求解；

调度工程师潮流以潮流计算软件为核心，可以仿真多个分布式电源联合的节点母线功率、电压以及无功平衡，控制负荷及分布式电源的投切控制等；

网络分析是通过快速的潮流计算分析系统中故障数据，并对故障数据进行分析，加快处理故障信息的速度。

微电网系统的控制方式主要有主从控制方式和对等控制方式：

本工程包含两种运行方式：风光柴储系统单独运行或与水电站并网运行的方式，均采用主从控制模式；

（1）当风光柴储系统与水电站并网运行时（丰水期），以水电站供电系统作为主网系统、提供 微网系统的

电压、频率；风光柴储系统通过水电站系统建立的电网进行并网，因水电站调频、调峰能力较差，本工程初步拟定通过铅酸蓄电池储能系统参与系统的调频、调峰，维持系统的稳定。

(2) 当风光柴储能系统单独运行时(枯水期)，以储能系统建立电网电压、频率，水力发电单元作为小发电机组并网运行，本工程初步拟定通过铅酸蓄电池储能系统参与系统的调频、调峰，维持系统的稳定。

因分布式电源(光伏、风力)具备间歇性及不可控性，且水电站受季节影响较大，不同的季节电压、频率波动较大，对微电网系统的调频、调压造成很大的干扰，本工程通过设置逆变器及储能 PCS 的有功、无功功率输出比例值来调节微电网系统的电压、频率，保证微电网系统电压、频率的稳定。

(1) 光伏逆变器

根据负荷的现状及各分布式电源的输出功率确定工作状态，若负荷大于其余分布式电源的发电功率，且蓄电池未充满时，工作在 MPPT 模式，但是设定光伏逆变器采用 P/Q 控制，可调整逆变器的输出有功无功功率比例，光伏发电单元在系统中仅作为提供发电功率设备，可通过能量管理系统进行功率调节，或在负荷较低时限制光伏逆变器的输出功率，但是不承担稳定系统运行的功能。

(2) 风机发电单元

设定风机变流器采用 P/Q 控制，可调整风机变流器的输出有功无功功率比例，但是因风机发电单元容量较小，一般不对风机发电单元进行控制，仅作为发电单元，按实际运行状态输出功率。

(3) 铅酸储能 PCS

根据负荷的现状及各分布式电源的输出功率确定工作状态，采用 P/Q 控制模式，若负荷大于各分布式电源的即时发电功率，且铅酸蓄电池大于 80% 电量时，则控制铅酸蓄电池 PCS 工作于放电模式，补充当前系统不足的电量，若此时蓄电池少于 80% 电量，则优先保证重要负荷，切除其余部分负荷；当负荷小于各分布式电源的即时发电功率时，且铅酸蓄电池未充满，则调整铅酸储能 PCS 工作于充电模式，将多余的电量储存于蓄电池中，若当前蓄电池已充满，则通过能量管理系统限制光伏逆变器的出力，保证微电网系统的有功、无功平衡。

(4) 锂电池储能 PCS

根据负荷的现状及各分布式电源的输出功率确定工作状态，采用 V/F 控制模式，若负荷大于各分布式电源的即时发电功率，铅酸蓄电池无法补充不足电量时，考虑由锂电池放电补充不足的电量；当负荷小于各分布式电源的即时发电功率时，且锂电池系统未充满，则调整锂电池储能 PCS 工作于充电模式，将多余的电量储存于锂电池中。

当微电网系统由并网运行调整为风光柴储系统单独

运行或当系统节点故障引起系统崩溃，系统黑启动时，需控制锂电池储能 PCS 放电，建立系统电压，其余的分布式电源依据系统电压进行并网。

4 微电网的保护

本电站采用风光水柴储能系统，风机、光伏分布式电源均具备不可控性，受环境条件的影响较大，水力发电机组受季节性影响较大，系统短路故障时，不同出力的风机、光伏发电单元随出力阶梯性变化，而水力机组提供短路电流差别较大，如何在丰水期及枯水期均能保证系统对短路故障做出正确的相应，同时需要保证系统保护的选择性、快速性、灵敏性及可靠性，是微电网保护配置的关键。

5 储能系统

由于微电网中分布式发电单元输出功率具有间歇性及不可控性的特点，且微电网负荷的情况也在不断地变化，为了保证微电网系统中瞬时的有功、无功平衡，需要配置储能系统，储能系统在微电网系统中起到“消峰填谷”的作用，即当当前微电网系统输出功率大于系统实际负荷功率时，调整储能系统工作在充电模式，储存多余的电量，当微电网系统输出功率小于系统实际负荷功率时，调整储能系统工作于放电模式，补充当前系统不足的电量，合理地配置储能系统对微电网的稳定控制、电能质量的改善及微电网的稳定供电具有十分重要的作用。

现行的储能系统种类多样，比较常见的包含超导储能、铅酸蓄电池储能、锂电池储能、超级电容器储能、抽水储能等。

飞轮储能是将电能转换为飞轮轴心旋转的机械能；但是飞轮储能因为飞轮转速较高，对轴承要求比较严格，且运动过程中散发大量的热量，维护工作量大、能量密度较低，无法实现长时间储能。

超导储能是将电能转换为磁场能，超导储能充放电速率快，可以可靠保证孤岛运行时电压稳定性，但是超导线圈造价较高，技术不够成熟，不具备大规模储能的条件。

超级电容器储能可以作为储能系统的快速响应单元，但是由于能量密度较低且单位成本极高，不适合储能系统的主体配置，一般仅作为储能系统的快速补充。

铅酸蓄电池储能系统是目前比较成熟的储能方案，具有能量密度高、成本较低、可以通过蓄电池组串达到 MW 级存储规模的优势，得到了广泛的应用，但是铅酸蓄电池功率密度低、放电深度低，难以起到快速建立或者支撑电网的作用，短时间的系统故障或者扰动容易引起微电网系统的崩溃。

磷酸铁锂电池，具有能量密度高、放电深度高、循环放电次数可达到 5000，比较适合需要频繁充放电的系统。

现行的微电网系统中常用有铅酸蓄电池储能系统、锂电池储能系统、超级电容器储能系统。

表1 超级电容、铅酸蓄电池、锂电池系统性能对比

储能方式	超级电容	铅酸蓄电池	磷酸铁锂电池
功率密度 (W/kg)	5000~20000	200~300	>500
能量密度 (Wh/kg)	5~10	30~50	100~140
能量效率 (%)	85~95	60~75	90
循环寿命 (次)	50000	2000	5000
响应速度 (ms)	<100ms	>1000ms	几百 ms
投资成本 (万/Kwh)	数万	0.1~0.2 万	0.5 万左右

6 结论及主要问题

随着分布式发电技术的不断发展,以分布式发电为基础、配合大规模的储能单元的微电网已成为解决偏远地区用电的首选途径,但是由于微电网容量较小、抗扰动及应对电力故障的能力较差,如何优化系统的功能配置,提高

系统应对故障的能力已成为限制微电网发展的问题。

[参考文献]

- [1]鲁宗相,王彩霞,闵勇.微电网研究综述[J].电力系统自动化,2007,31(9):100-107.
 - [2]黄晓东.微网系统中电池储能系统应用技术研究[J].南方电网有限公司,2012(1):36.
 - [3]王利.微电网相关问题及技术研究[J].中国电力科学研究院,2010,38(19):235-239.
 - [4]张国驹.超级电容器与蓄电池混合储能系统在微网中的应用[J].中国科学院研究生院,2010(2):182.
- 作者简介:王亮(1983—),男,汉族,河北省石家庄市,研究生,工程师,研究方向微电网系统方案设计,从事电力设计工作。