

基于光储柴微电网的海外有色企业供电系统研究

郑义¹, 林瑶瑶¹, 王洁丽²

(1. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038;

2. 中国移动通信集团设计院有限公司 网络规划与设计优化研发中心, 北京 100080)

[摘要] 微电网是未来能源发展趋势,是“互联网+”在能源上的创新应用,将为新能源创造巨大的发展空间。将微电网与海外有色企业相结合,不仅可以解决企业的用电难题,还可以降低用电成本与对环境的污染,是未来海外有色企业能源变革的新方向。

[关键词] 光储柴;微电网;海外;有色企业

[中图分类号] TM73

[文献标志码] B

[文章编号] 1003-8884(2021)03-0027-05

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.03.007

0 引言

中国“走出去”的有色矿山、冶炼企业多处于无电或电网薄弱地区,面临用电难、用电贵等问题,中、小型内燃发电机组供电是当前解决“用电难”的主要方法。然而该供电方式的运维工作量大、发电成本高、污染重,已经越来越不符合当今企业的需求。

新能源与储能技术的迅速发展和设备成本的快速下降,为新能源替代常规能源提供了技术与经济可行性。然而,有色企业的工艺流程、生产过程、负荷特性、用电规律等有其行业的自身特点,微电网必须与企业深度结合,做定制化的配置方案与调度控制算法,才可以有效的实现新能源供电。

研究以“光”代“油”降低企业的用电成本、“光、储”结合解决局部地区供电问题的微电网系统具有很强的经济意义与社会效应,可有效推动中国海外有色企业的节能减排、降本增效、绿色低碳进程。

1 微电网概述

微电网是规模较小的分散式独立系统,将分布式电源、储能装置、能量转换装置、负荷和监控与保

护装置汇集而成的小型供电系统,是能够实现自我控制、保护和管理的自治系统^[1]。微电网既能作为一个自治系统独立运行,又能作为一个可控单元并网运行,从而将大量分布式电源波动问题转化为一个可控微电网入网,削弱新能源随机性、波动性的间歇性电源对电网安全稳定运行和电能质量等方面的不利影响。

微电网按照应用场景一般分为并网型和离网型微电网;按照系统架构分为共交流母线和共直流母线微电网^[2]。

1.1 并网型微电网

并网型微电网是指微电网通过公共连接点的静态开关接入大电网并列运行,主要应用于分布式可再生能源渗透率较高地区,可有效跟踪计划曲线,改善新能源发电的预测精度,提高可再生能源渗透率;还可以通过用户侧的管理系统,与大电网灵活互动,实现新能源自发自用及分时电价。也可以离网运行,在大电网故障时,形成区域配电网独立运行^[3]。

1.2 离网型微电网

离网型微电网是不与大电网互联的独立运行的供电系统,依靠后台调度管理系统,实现小水电、柴发、风力发电、光伏发电等分布式电源的并列运行;利用分布式电源发电满足离网系统内的负荷需求;借助能源管理系统,即可实现燃料节约,又能实现供电的动态平衡^[4]。

1.3 交流母线微电网

共交流母线微电网的新能源电源与储能与交流

[收稿日期] 2021-05-21

[作者简介] 郑义(1986-),男,辽宁阜新人,工程师,硕士,主要从事电气设计、新能源微电网等工作。

[引用格式] 郑义,林瑶瑶,王洁丽.基于光储柴微电网的海外有色企业供电系统研究[J].有色设备,2021,35(3):27-31.

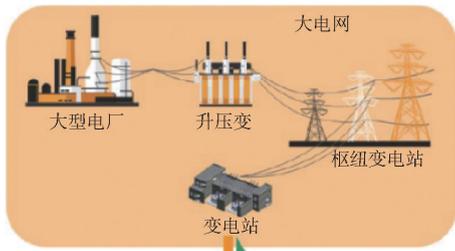


图1 并网型微电网示意图

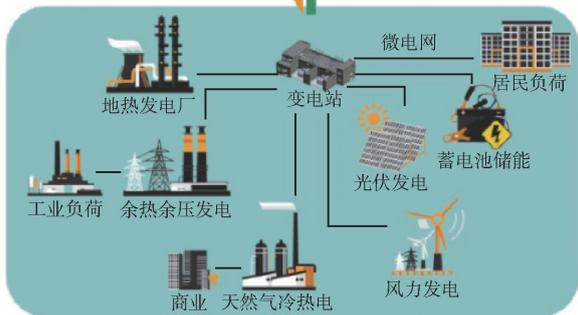


图2 离网型微电网示意图

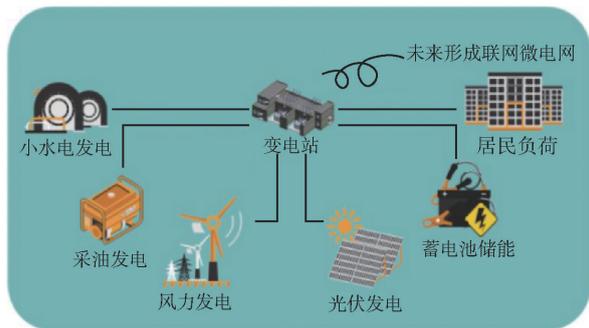


图3 未来形成联网微电网示意图

母线侧进行能量的交互,其特点是灵活,适合于多种可再生能源接入;供电半径宽,易于扩容,适于长线传输;通过能力管理系统可以做到实时的供需平衡,供电稳定性高;适用于大型兆瓦级的微电网系统^[5]。

1.4 直流母线微电网

共直流母线微网新的新能源电源与储能能在直流母线侧进行能量的交互,其特点是光伏和储能解耦设计,控制简单、效率更高;适用于中小型微电网系统。

2 海外有色企业面临问题简析

在供电网络难以覆盖的地区,工厂企业的用电主要依靠柴油(重油)等发电机组解决。柴油发电机组的历史已经有一百多年,主要由柴油机、传感器、转速控制器、执行器、同步发电机、无功补偿装置和机组监控系统组成。其工作原理是先将柴油机输

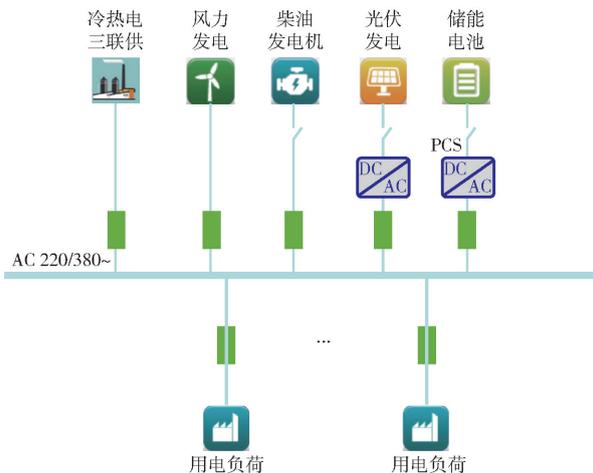


图3 共交流母线微电网示意图

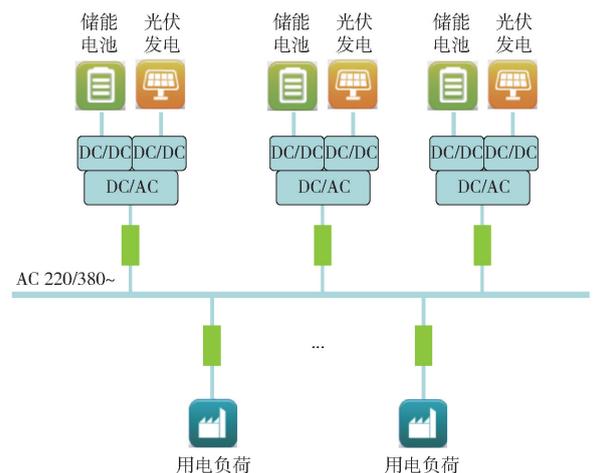


图4 共直流母线微电网示意图

出的动力扭矩通过机械传动系统传送给同步发电机,利用转速调节器对实际转速进行调节,使发电机产生稳定的电能。

柴油机组供电系统存在诸多问题:(1)柴油发电的成本高、经济性差。仅考虑柴油发电的耗油成本,1 L柴油重0.83~0.86 kg,1度电耗油230~240 g,即1 L柴油的发电量约4度电。某海外现场的柴油价格为6.06元/L,则柴油发电成本为1.515元/度。再考虑柴油机组初始设备投资与运行维护成本,企业的用电成本将高达2元/度左右。(2)柴油发电的空气污染严重。柴发机组通过燃烧柴油将热能转换为电能,在此过程中不可避免会对大气造成污染,污染问题大致分为氧化、酸化、光化学烟雾、颗粒物、温室效应以及废气等。(3)柴油发电的噪声污染严重。柴发机组运行时通常会产95~125 dB(A)的噪声,人如果长期生活在80 dB(A)以上的环

境中,会引起情绪烦躁、听力下降等问题。(4)柴油发电电能的质量差。当用电负载波动较大时,由于机组容量相对较小,柴发供电不可避免的出现电压与频率的波动,这将在很大程度上影响设备的使用寿命,甚至影响正常生产。(5)柴油发电的运维工作量庞大,需专业技术人员进行维护;此外柴油的运输与储存同样需要耗费大量的人力与物力成本。

基于光储柴微电网的无电地区工厂企业供电系统就是针对柴油机组供电系统存在的上述问题而产生,微电网可以显著降低供电系统的发电成本,降低

对环境的大气污染与噪声污染,为工厂企业提供可靠、稳定、高质量的供电电源。

3 基于光储柴微电网的供电系统

3.1 光储柴微电网系统架构

光储柴微电网是规模较小的分散独立系统,将分布式光伏电源、储能装置、能量转换装置、负荷和监控、保护装置汇集而成的小型供电系统,是能实现自我控制、保护和管理的自治系统,可在孤网状态下独立运行^[6]。

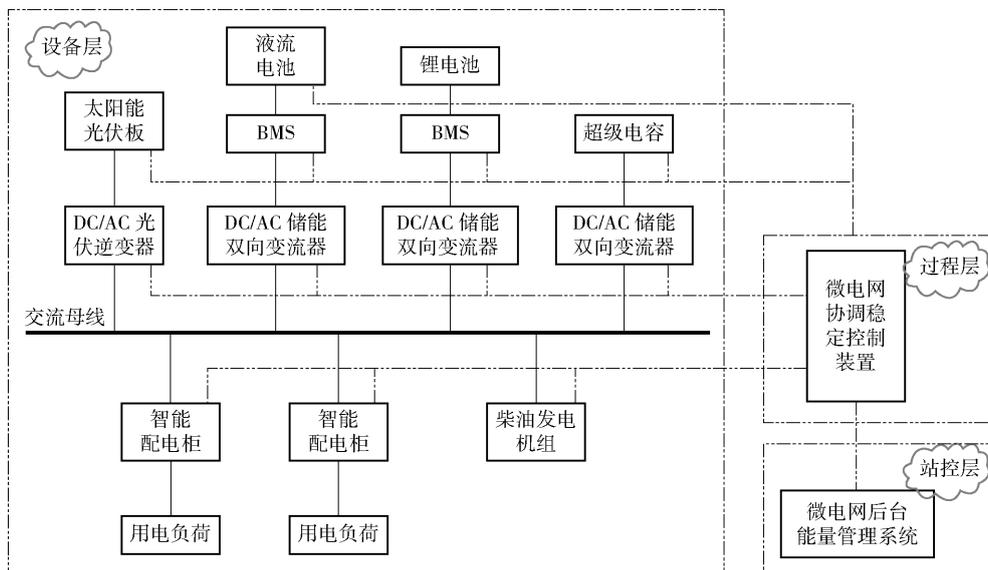


图5 光储柴微电网系统架构图

注: BMS(battery management system) 电池管理系统,是电池与用户之间的纽带,控制对象是电池,主要就是为能够提高电池的利用率,防止电池出现过度充电和过度放电。

DC/AC(Direct Current/Alternating Current) 直流/交流,指直流输入,交流输出。

光储柴微电网供电系统采用三级网络构架搭建而成,分别为设备层、过程层、站控层,适用于各种类型的微电网形式与控制要求,方便调试与运行维护,系统的有诸多技术特点与优势。

3.1.1 设备层

设备层是整个微电网系统的感知与操作层,通过设备层可以采集微电网系统各个部分的信息以及响应能量管理系统的各类控制、调节指令。设备层分为一次设备与二次设备,太阳能光伏板、DC/AC光伏逆变器、液流电池、BMS、DC/AC储能双向变流器、锂电池、超级电容、智能配电柜、用电负荷、柴油发电机组等属于一次设备,通过通讯手段接入微电网能量管理系统并可以调节与控制;二次设备采用集保护、测控、通讯、电能质量监测、电能表抄表、光

纤远跳等功能于一体的装置,获取微电网的系统状态与功率流动情况,为能量管理系统的协调控制、优化调度提供有力的支持,并提供可靠的执行操作,进行电源、负荷的投切操作。

3.1.2 过程层

过程层是微电网系统的协调控制层,一方面联系设备层来获取微电网的全景监测数据,另一方面联系能量管理系统,分析并下发执行各类的操作指令,用于达到能量管理系统的控制目标。过程层的微电网协调稳定控制装置包含微电网运行控制器与微电网稳定控制装置,其中微电网运行控制器用于实现微网的状态切换和协调控制,有效解决分布式电源自身的不稳定性和间歇性,保证供电的均衡和连续;微电网稳定控制装置基于交互快速故障处理

技术,可实现微网的低频、低压减载等稳定控制功能,还可实现微网协调控制策略,具有保证微电网的安全稳定运行功能。

3.1.3 站控层

站控层的微电网后台能量管理系统可视为整个微电网的大脑,实现对微电网数据的全景监测分析以及能量管理策略的制定,也是微电网控制的主站层。微电网监控系统的基础功能是监控微电网的实时运行数据。微电网监控系统根据实时运行数据,结合分布式发电预测、负荷预测等应用分析结果,制定多约束条件下的微电网系统优化调度与能量管理策略,并将制定后的策略下发微电网运行控制器、微电网稳定控制装置。

3.2 光储柴微电网系统原理

3.2.1 光伏发电

太阳能光伏板作为新能源供电单元,将太阳能转换为电能,通过 DC/AC 光伏逆变器将直流电转换为交流电,并上送至交流母线。太阳能光伏板与光伏逆变器的装机容量需根据具体项目的用电负荷情况确认。光伏逆变器可控制与记录直流太阳能光伏输出侧的电压、电流、功率以及电池板的重要参数,也可以对逆变器逆变输出的交流侧的电压、电流、频率,日发电量以及发电功率曲线等主要参数进行控制与记录,并上送至后台监控系统。

太阳能发电作为新型的清洁能源,虽然是一种无污染、可循环的绿色能源,但由于太阳的辐照波动,从而导致太阳能发电的输出具有很大的随意性与波动性,且仅具备输出功率向下调节能力,不具备过载能力,因此为了保证当太阳辐照波动与负载变化时,微电网供电系统的供电稳定性与电能质量,微电网系统必须配置具有电能存储与平衡能力的储能系统^[7]。

3.2.2 储能系统

储能系统由储能装置、BMS、DC/AC 储能双向变流器组成。根据用电负荷的不同工况与储能装置的不同性能特点,系统选用三类储能装置:液流电池、锂电池、超级电容^[8]。

液流电池属于化学储能电池,寿命长、循环次数久,适用于大规模的储能。锂电池也属于电化学储能,由大量单体电池的串、并联组成,因此需要专用的电池管理系统(BMS)对每节蓄电池的充、放电进行控制与保护;超级电容作为一种物理储能装置不

需要专门的 BMS 对其进行充放电管理。

工厂企业普遍存在大型用电负荷,大型负荷启动过程通常在 10 s 内,但启动功率为负荷功率的 3~7 倍不等,因此需短时大功率的电源支撑,鉴于此种需求,本系统根据大型负载配置一定容量的具有超大倍率放电能力的超级电容储能装置^[9],用于平衡大型负荷启动时的短时大功率缺额,保证微电网系统的供电质量与供电可靠性。

工厂企业中、小型负荷的启动时同样需要相应的短时大功率支撑,但超级电容的价格较高,大容量的配置会导致系统的经济性不合理,因此考虑负荷的启动功率与启动持续时间,以及对储能装置的性能需求,选用锂电池储能装置来平衡该类负荷的波动,既保证微电网供电系统的可靠、稳定、高质量供电,又保证了整个系统的经济性。

太阳能发电随辐照量的影响而实时变动,导致太阳能发电量有时高于负荷用电量,有时低于负荷用电量,从而导致需配置一定的储能装置将多余的太阳能发电量进行存储,在系统需要时再进行释放,考虑此种工况对储能装置的性能要求,选择放电倍率相对较低、但性价比更优的液流电池作为储能装置,可在更为经济的条件下完成对太阳能发电的能量存储与微电网供电系统的能量平衡,保证系统整体性能。

储能装置的输出为直流电,通过 DC/AC 储能双向变流器将直流电逆变成交流电,上送至交流母线,为微电网系统提供能量支撑;当太阳能发电有多余电量时,同样可以通过 DC/AC 储能双向变流器,将母线上的交流电整流成直流电,为储能装置充电。

DC/AC 储能双向变流器具备与电池管理系统 BMS 的通信接口,能够将电池运行信息上送至微电网后台系统;同时,变流器具有微电网控制功能、功率调节功能、参数下装功能等通信接口,满足微电网运行控制系统控制要求。变流器可控制与记录直流蓄电池输出侧的电压、电流、功率以及蓄电池的重要参数,也可以对变流器输出的交流侧的电压、电流、功率因数,当前输出(输入)功率、日输入电量、日输出电量以及日功率曲线等主要参数进行控制与记录,并上送至后台监控系统。

3.2.3 智能配电柜

在光储柴微电中配置智能配电柜可有效掌握用电负荷的工作情况,进行合理的负荷预测,在必要的

时候为保证整个系统的稳定切除故障负荷或非重要负荷,并结合后台监控系统实现整个系统的能源合理化利用,降低企业耗电量等。

3.2.4 柴油发电机组

柴油发电机组作为后备供电电源,在微电网系统出现故障、连续阴雨天气太阳能发电量不足以及夜晚无太阳能供电时,启动柴油发电机组,为企业提供电源。

光储柴微电网供电系统作为一种新型绿色环保可再生的供电系统,以太阳能作为外部的能源输入,通过太阳能电池板将太阳能转化为电能,再通过光伏逆变器将直流电转化为交流电,为整个系统提供能量供给;当太阳能发电量大于负荷用电量时,通过储能双向变流器将母线上的交流电整流为直流电,并输送给储能系统,储能系统对电能进行存储,在负载变化、太阳能光照波动时,储能进行能量的释放,通过储能双向变流器将储能释放的直流电逆变成交流电,上送至交流母线,通过微电网协调稳定控制装置的智能调度与控制实现系统的能量平衡。同时,微电网后台能量管理系统根据预先定制好的控制策略,对微电网进行优化控制,实现能量的合理化利用,保证系统的经济与可靠运行^[10]。

4 结语

“光+储+柴微电网发电系统”解决以“光”代“油”降低有色企业用电成本的技术可行性;解决“光”、“储”结合为无电地区供电的可行性等技术性问题;在保证地区、企业供电可靠性的基础上,可实现供电的经济性问题,为地区、企业提供技术可靠稳

定、经济更优的微电网供电解决方案,可助力推动海外中国有色工业的节能减排、降低生产成本,为海外的有色企业的用电提供一种全新的绿色、低成本、高可靠性的供电电源解决方案。

[参考文献]

- [1] 刘振亚. 智能电网知识读本[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [2] 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): 100-107.
- [3] 李鹏, 张玲, 王伟, 等. 微网技术应用与分析[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(20): 109-115.
- [4] 王成山, 杨占刚, 王守相, 等. 微网实验系统结构特征及控制模式分析[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(1): 99-105.
- [5] 陈丽丽, 牟龙华, 刘仲. 光储柴微电网运行特性分析[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(12): 86-91.
- [6] 丁伯剑, 郑秀玉, 周逢权, 等. 微电网多能互补电源容量配置方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(16): 144-148.
- [7] 周念成, 闫立伟, 王强钢. 光伏发电在微电网中接入及动态特性研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(14): 119-127.
- [8] 刘永礼, 冯明灿, 王承民, 等. 储能接入后考虑电能互动的配电网可靠性分析与研究[J]. 电器与能效管理技术, 2015(24): 53-57+102.
- [9] 张国驹, 唐西胜, 齐智平. 超级电容器与蓄电池混合储能系统在微网中的应用[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(12): 85-89.
- [10] 刘梦璇, 郭力, 王成山, 等. 风光柴储孤立微电网系统协调运行控制策略设计[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(15): 19-24.

Research on Power Supply System of Overseas Non-ferrous Enterprises Based on PV-diesel-battery Microgrid System

ZHENG Yi, LIN Yao-yao, WANG Jie-li

Abstract: Microgrid is the development trend of future energy, and the innovative application of “Internet +” in energy, which will create huge development space for new energy. Combining the microgrid and overseas non-ferrous enterprises can not only solve the power problems of enterprises, but also reduce the electricity cost and environmental pollution. It is a new direction for the future energy revolution of overseas non-ferrous enterprises.

Key words: solar-diesel-battery; microgrid system; overseas; non-ferrous enterprise

