

基于源网荷储一体化的新型海岛农村 配电网构建与研究

高中林*, 陈 鸣, 王安全, 史臻毓, 李家梁, 毛建立

(国网浙江省电力有限公司舟山供电公司, 浙江 舟山 316000)

摘要: 海岛农村配电网因特殊的地理条件、较小的体量、较高的外部送电投资成本, 往往存在自给电源不足、供电可靠性低的难点。基于源网荷储一体化构建新型海岛农村配电网, 借助一体化能源管理平台实现源、网、荷、储各环节的互联共通, 在高效利用海岛清洁能源的同时可以有效提高供电可靠性, 对于海岛农村配电网规划设计与改造具有一定的参考意义。

关键词: 源网荷储; 一体化; 海岛; 农村; 配电网

中图分类号: TM926

Construction and Research of New Island Rural Distribution Network Based on Source-network-load-storage Integration

GAO Zhonglin*, CHEN Ming, WANG Anquan, SHI Gongyu, LI Jialiang, MAO Jianli

(State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd. Zhoushan Power Supply Company, Zhejiang Zhoushan 316000, China)

Abstract: Due to the special geographical conditions, small volume and high investment cost of external power transmission, the island rural distribution network often has the difficulties of insufficient self-sufficient power supply and low power supply reliability. Building a new island rural distribution network based on source-network-load-storage integration, source-network-load-storage integration, realizing the interconnection of all links of source, network, load and storage with the help of the integrated energy management platform, can effectively improve the reliability of power supply while efficiently utilizing the island clean energy, which has certain reference significance for the planning, design and transformation of the island rural distribution network

Keywords: source-network-load-storage; integration; island; rural area; distribution network

0 引言

海岛农村配电网体量往往较小, 在初期建设时, 受限于地理条件、资金成本等因素的限制, 电网建设基础较为薄弱^[1-3]; 且海岛潮湿的气候环境与空气中盐分较高的特点, 电气设备故障率偏高, 进一步造成海岛配网供电可靠性偏低的特点^[4]。以浙江沿海地区为例, 大部分偏远海岛通常只有一个主供电源, 一旦发生上级电网故障或者主供电源线路故障, 将造成整座海岛电力系统瘫痪。且海岛受台风等极端天气影响大, 故障抢修难度高、耗时长, 进一步导致了停电时间的延长。

与此相对应的, 海岛蕴含着丰富的清洁能源资源亟待开发, 随着国家“双碳”战略目标的推进, 清洁能源的发展迎来发展机遇^[5-7]。近年来, 围绕光

收稿日期: 2024-12-13

伏、风电等分布式电源和储能技术构建海岛配电网供电体系的研究逐渐兴起^[8]。文献[9]依托光伏、储能电池等清洁能源构建海岛直流微电网, 但直流微电网的投资和运维成本较高, 难以全面推广。文献[10]提出一种含光伏、风电等分布式电源的海岛孤立微电网涉及方案, 解决了分布式电源的接入问题, 却未考虑分布式电源的消纳问题。文献[11]提出的多种能源互补的微电网供电模式与海水淡化负荷相结合的策略, 具有较高的工程应用性, 但应用场景有一定限制。

本文提出一种基于源网荷储一体化构建新型海岛农村配电网的方法, 通过整合海岛清洁能源、提高主动负荷占比、增设分布式电源和储能设施, 通过源网荷储一体化能源管理平台实现海岛电力系统从电源到电网、负荷、储能全域实现优化调控, 在失去岛外电源等极端情况下依然能够依托岛内分布

式电源和储能设施保障重要用户可靠供电。

1 海岛农村配电网现状及岛内用户、可开发资源分析

1.1 传统海岛农村配电网现状

以浙江某县城某座岛屿的海岛农村配电网为例，该岛共有 2 条 10 kV 线路 A 和 B，主供电电源为 35 kV 变电站。线路 A 与线路 B 为站内联络，线路 A 通过海底电缆与岛外 110 kV 变电站下属线路 C 实行站外联络，该岛的配电网结构见图 1。

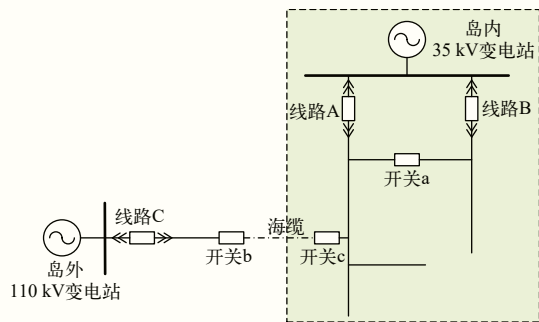


图1 浙江某县海岛农村配电网结构

1.2 岛内用户分析

该岛的产业结构以农业和养殖业为主，岛上共有高压用户 57 户、低压用户 2 219 户。根据用户对供电可靠性的需求程度分为一般、重要、非常重要。一般用户指短时停电对其生产生活影响不大，可接受短时停电，如普通居民用户、普通生产企业等；重要用户指短时停电会对生产生活造成一定的影响和较大的经济损失，应尽可能保证其不停电，如养殖场等；非常重要用户指一旦发生停电将会对生产生活造成很大影响，应尽最大可能避免停电，包括医院、政府、消防等部门或单位。岛内用户按照一般、重要、非常重要 3 个等级分类统计见表 1。

1.3 岛内可开发资源调查

海岛风电资源丰富，目前邻近海域已建设有连接陆地电网的风力发电厂，因投资成本和瞬时性能源消纳问题，风电资源尚未开发利用。农村地区土地资源较城市更为充裕，无论是建设地面光伏电站还是屋顶光伏电站的土地成本都更为低廉，目前岛内建有用户自发自用的 215.82 kW 光伏电站，效益良好，但并未联网运行，岛内新建光伏与现有光伏并网的基础较好。岛内现存水库 1 座，海岛与陆地

表1 岛内用户等级分类统计

用户	容量/(MV·A)	变压器类型	供电可靠需求程度
政府	100	专变	非常重要
医院	400	公变	非常重要
养殖场a	800	专变	重要
养殖场b	400	专变	重要
其他	13 095	公变/专变	一般

的供水管道建成后，生活用水均由管道供给，水库保留灌溉用途，具备改建抽水蓄能电站的基础条件。

2 新型海岛农村配电网运行机理

2.1 新型海岛农村配电网总体框架

新型海岛农村配电网是以源网荷储一体化能源管理平台为核心，融合电源端、电网端、负荷端和储能端的新一代配电网。源网荷储一体化能源管理平台结合电力企业成本模型与用户满意度制定供电策略，充分调动分布式电源、储能电池、主动负荷等岛内资源，实现岛内资源的最优分配，并在上级电网故障失去岛外电源输送的情况下，进行电力资源应急调用，保障重要及以上用户正常供电。新型海岛农村配电网总体框架见图 2。

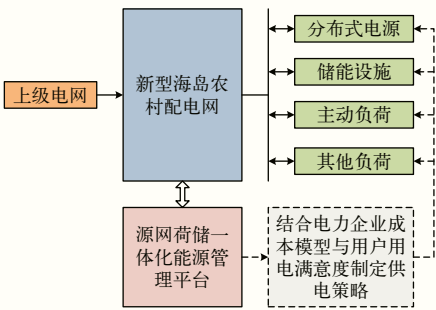


图2 新型海岛农村配电网总体框架

新型海岛农村配电网总体框架中，风电、光伏等分布式电源成为了电源端的有效补充，使得海岛配电网不再单纯依靠岛外电源输送。储能电池和抽水蓄能电站等储能设施与分布式电源相互配合，一方面两者搭配使用可以更好地实现削峰填谷的功能；另一方面，储能设施的使用也能大大降低风电、光伏等瞬时性电源对电网的冲击影响，提高瞬时性电源的消纳度。主动负荷在电价激励下充分参与电网互动，在电网负荷高峰期间主动减少用电、在电网

负荷低谷期间增加用电。但抽水蓄能电站调节电网负荷的能力受季节及气候影响较大、储能电池的成本较高，须将二者有机结合、互为补充。

与此同时，在失去岛外电源等极端情况下，新型海岛农村配电网仍然可以对岛内的分布式电源和储能设施进行统一管理，为岛内重要及以上用户供电。各类分布式电源、储能设施及负荷与配电网的连接方式见图3。

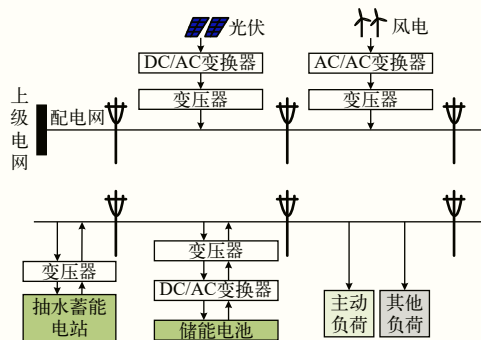


图3 配电网系统框图

2.2 源网荷储一体化能源管理平台

作为新型海岛农村配电网的核心中枢，源网荷储一体化能源管理平台承担着电网监测、核算收益、制定供电策略及资源调配等工作，实现分布式电源、储能设施及负荷与电网的互联互通。源网荷储能源互动调控示意图见图4。

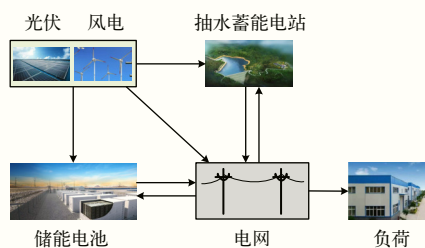


图4 源网荷储能源互动调控示意图

光伏、风电等瞬性能源并入电网，参与电网的统一调度管理，可以有效减少海岛配电网对岛外电源的依赖。源网荷储一体化能源管理平台根据分布式电源发电预测，优先保障分布式电源发电充分使用，当发出的电能电网无法完全消纳时，可以通过储能电池和抽水蓄能电站进行储存。

在源网荷储一体化能源管理平台调配下，储能电池和抽水蓄能电站能够实现与电网之间电能的双向流动，同时可以储存分布式电源发出的电能，在

负荷低谷时从电网和分布式电源处吸纳电能，在负荷高峰时向电网输出电能，实现削峰填谷的功能。

主动负荷作为源网荷储一体化能源管理平台的重要一环，在阶梯电价等激励政策下主动参与电网调节运行，能源管理平台结合电力企业成本模型与用户满意度制定阶梯电价策略，电网与用户良性互动，实现双赢。在失去岛外电源时，源网荷储一体化能源管理平台评估岛内可调用资源的供电能力，切除一般用户，优先为重要及以上用户保障供电。

3 基于源网荷储一体化的海岛农村配电网改进方案

以图1所示的浙江某县海岛农村配电网为改进对象，该海岛农网目前主要存在以下2个问题：1) 岛内主动负荷比率较低，电网调节负荷能力较弱；2) 岛内光伏、风电资源开发程度不足，且无储能设施，一旦失去岛外电源，岛内无自备电源以保障重要用户电力供应。针对以上问题，提出改进方案。

3.1 提高主动负荷占比

浙江农业生产用电、大工业用电、一般工商业用电及其他用电，根据电网负荷曲线划分6个时段。目前岛内在阶梯电价激励下只有小部分居民用户主动参与电网负荷调节，削峰填谷的作用尚不明显。提高主动负荷占比一方面依靠分时电价激励，培养用户参与电网调控习惯；另一方面，争取将电动公共汽车等公共负荷纳入电网调控，通过有序充电等方式调节电网负荷。其中，电动公共汽车可以利用22:00至次日08:00的低谷阶段进行有序充电，低谷时段时长和充电装置配置情况足够满足所有电动公共汽车的充电需求。

3.2 增设分布式电源与储能设施

首先将岛内已建成的光伏发电设施进行并网改造，但目前岛上的光伏装机容量远不足充当岛内电源，仍需增设光伏、风电装机容量，并配备必要的储能电池或者抽水蓄能电站等储能设施，实现分布式电源充分接入电网。同时，为现有及潜在的光伏用户核算能效，鼓励用户在装设光伏时同步加装储能电池，不但可以减少电力企业的成本投入，还可以为用户增加收益，实现双赢。

3.3 构建源网荷储一体化能源管理平台

依托调度系统构建源网荷储一体化能源管理平

台,将分布式电源、电网、主动负荷、储能设施纳入调度统一管辖,实现岛内资源的互联互通。

在失去所有岛外电源的情况下,基于源网荷储一体化的新型海岛农村配电网仍具备为岛内重要用户可靠供电的能力,由源网荷储一体化能源管理平台调动岛内分布式电源和储能设施并为重要及以上用户供电,故障情况下新型配电网运行方式见图5。

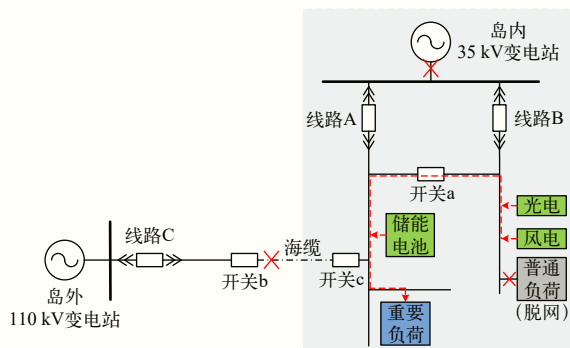


图5 故障情况下新型配电网运行方式

4 结束语

海岛农村配电网因特殊的地理环境和薄弱的电网架构而存在供电可靠性低、负荷转供难等问题,基于源网荷储一体化能源管理平台构建的新型海岛农村配电网,通过源网荷储一体化能源管理平台实现源网荷储等岛内资源的共通共享,不但可以极大提高海岛配网的供电可靠性,还为海岛农村清洁能源的发展提供了可行方案。

参考文献

- [1] 张先勇,舒杰,吴昌宏,等.一种海岛分布式光伏发电微电网[J].电力系统保护与控制,2014,42(10):55-61.
- [2] 魏星,谢晖源,卢宇,等.应用于海岛配电网的级联型PET控制策略[J].高电压技术,2021,47(3):917-926.
- [3] 任岷,李卫东,胡博,等.长期并网运行的海岛微电网电源容量优化配置[J].分布式能源,2019,4(5):75-82.
- [4] 李冰冰,戎学锋,钟宇军,等.海岛配电网防灾减灾提高供电可靠性研究[J].供用电,2016,33(9):6-11,23.
- [5] 赵波,王成山,张雪松.海岛独立型微电网储能类型选择与商业运营模式探讨[J].电力系统自动化,2013,37(4):21-27.
- [6] 李雪,孙震锴,侯恺,等.地震灾害下海岛综合能源系统韧性评估方法研究[J].中国电机工程学报,2020,40(17):5476-5493.
- [7] 雷金勇,白浩,马溪原,等.南方电网多能互补海岛微电网综述及展望[J].南方电网技术,2018,12(3):27-34,73.
- [8] 杨欢,赵荣祥,辛焕海,等.海岛电网发展现状与研究动态[J].电工技术学报,2013,28(11):95-105.

- [9] 许阔,蔡冰倩,朱永强,等.海岛直流微电网电压等级序列选择的研究[J].电工电能新技术,2017,36(1):52-58.
- [10] 张杰,余银辉,张琯乐,等.含分布式电源的海岛孤立微电网网架设计[J].分布式能源,2018,3(4):53-58.
- [11] 张建华,于雷,刘念,等.含风/光/柴/蓄及海水淡化负荷的微电网容量优化配置[J].电工技术学报,2014,29(2):102-112.

作者简介

高中林(1992—),男,硕士研究生,工程师,主要从事配电网规划设计及电力系统保护与控制等方面研究,E-mail:2273354515@qq.com。

(责任编辑:袁航)

资讯

国网北京电科院:数智化赋能重大民生工程电力物资保障

国网北京电科院是北京电力科技创新的主力军,肩负着科技创新、技术监督、技术支撑、检验检测重要职责。北京鼎诚鸿安科技发展有限公司(以下简称“鼎诚公司”)作为其监管产业单位,承接北京地区全部电力工程的物资检测业务,鼎诚公司紧跟数智化发展趋势,以物资检测业务需求为引领,深入推进数智化赋能转型,目前已全面服务于北京地区“煤改电”等重大工程建设,切实保障了电网的安全稳定运行。

鼎诚公司通过对电力物资检测设备的数智化改造,实现了检测数据自动采集、检测报告自动生成、检测结果自动研判等功能,建成物资检测大数据仓库,打造时间节点精准、状态信息明确、历史内容可追溯的线上数据,支撑检测情况精准判断,大大缩短了检测周期,助力电力物资及时供应,保障电力工程如期投运。

随着“煤改电”配套工程加速实施,北京市“煤改电”工程的变压器、电缆、开关柜等设备采取“台台检、件件检”的全检原则,以保证工程建设质量。截至2025年2月6日,全国“煤改电”用户约3500万户,采暖季用电量为65.3 MW·h,国网北京电科院支撑检测的“煤改电”工程共涉及140万户,采暖季用电量高达7.8 MW·h,占全国总量的12%。未来,鼎诚公司将进一步深化物资检测数智化建设,为电力可靠供应提供坚强保障,为经济高质量发展增添强劲动能。

信息来源:国网北京市电力公司