

阿里电网经济可靠运行相关问题研究

张立锋¹ 徐潜¹ 何志强² 刘晓明¹ 郑勇² 范宇² 晏小彬²

(1. 国网西藏电力有限公司, 西藏 拉萨 850000;

2. 中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司, 四川 成都 610021)

摘要: 根据阿里地区已建电源现状、能源资源状况和负荷预测结果, 研究与西藏中部电网联网前阿里电网供电问题解决方案的可行性及其经济性。

关键词: 阿里电网; 供电问题; 本地电源; 储能光伏电站

中图分类号: TM727 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2019)03-0029-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2019.03.008

Research on Related Problems of Economic and Reliable Operation for Ali Power Grid of Tibet

Zhang Lifeng¹, Xu Qian¹, He Zhiqiang², Liu Xiaoming¹, Zheng Yong², Fan Yu², Yan Xiaobin²

(1. State Grid Tibet Electric Power Company Limited, Lhasa 850000, Tibet, China;

2. Southwest Electric Power Design Institute Co., Ltd., of CPECC, Chengdu 610021, Sichuan, China)

Abstract: According to the current status of power supply, energy resources and power load forecasting results in Ali area, the feasibility and economical efficiency of the solutions for power supply problems in Ali power grid are studied before interconnecting with the central Tibet power grid.

Key words: Ali power grid; power supply problems; local power station; photovoltaic power station with energy storage

0 引言

西藏电网长期维持西藏中部电网和昌都、阿里电网“一大二小”3个独立电网的供电格局。2018年年底藏中联网工程实现西藏中部电网与昌都电网联网后, 仅剩阿里电网未纳入西藏统一电网。根据规划及目前实际工作进展, 阿里与藏中电网联网工程最早也要在2020年年底左右才能建成投产。

阿里电网目前主要电源为狮泉河水电站以及部分燃油机组和光伏电站。其中狮泉河水电站受水库库容和来水情况限制, 出力有限; 光伏电站因电网调峰能力低和储能未发挥效果, 出力较低; 总体上需柴油机组大量发电, 发电成本极高。在阿里与藏中电网联网工程建成前, 阿里电网仍为孤网运行, 缺电矛盾和经济运行问题均较为突出。^[1]

下面研究在阿里与藏中电网联网工程建成前, 在保障阿里电网可靠供电的前提下, 进一步实现其

经济运行并保障电网后续可持续发展的解决方案。

1 阿里地区电力系统概况^[2-3]

1.1 能源资源概况和主要电源现状

阿里地区的能源资源种类较多, 其中相对较为丰富的有水能、太阳能、风能和地热能, 煤炭、石油和天然气等化石能源资源则尚无探明储量。

阿里电网已建电源主要概况如下:

1) 狮泉河水电站: 装机容量为6.4 MW, 年均发电量约 1.34×10^7 kWh。其夏季最大出力可以达到6.4 MW, 一般最大出力约为2.4 MW, 最小出力1.1 MW; 冬季最大出力约为2.8 MW, 最小出力0.8 MW。

2) 阿里光伏电站: 总装机容量10 MW, 电站多年平均年发电量 1.837×10^7 kWh, 配置10.64 MWh的储能装置。目前, 阿里光伏电站储能装置由于故障原因基本处于停用状态。

3) 阿里柴油机组: 包括阿里过渡电源、阿里渡冬

电源和阿里应急电源,合计装机容量约28.2 MW。由于高原降效因素,阿里地区柴油机组单机最大出力仅能达到额定容量的65%左右。由于长期满负荷运行,加上运行条件恶劣和维护水平较差等原因,上述柴油机组大部分已经故障停运,目前实际可用仅有9台机组,夏季单台最大出力按0.5 MW控制,合计可用出力为4.5 MW;冬季单台最大出力约为0.8 MW,合计可用出力为7.2 MW。

4)阿里热电联产机组:于2018年年底建成,装机容量2×6 MW,扣除厂用电后实际最大可用出力为6 MW。

5)阿里地区地方小水电:合计容量2.35 MW,丰期平均出力可达1.5 MW,枯期平均出力可达0.7 MW。

1.2 电网现状

阿里地区位于中国西藏自治区的西部,面积30多万平方公里,共辖7个县,人口不足10万,是世界上人口密度最小的地区。阿里电网目前最高电压等级为110 kV,仅覆盖噶尔县狮泉河镇、札达县、革吉县及周边部分地区。

截至2017年年底,阿里电网装机容量为46.95 MW,其中水电装机容量8.75 MW,占比18.64%;火电(含油机)装机容量28.2 MW,占比60.06%;光伏装机容量10 MW_p,占比21.3%。

2017年,阿里电网实际最大负荷13.6 MW,同比增长29.5%;实际用电量 6.4×10^7 kWh,同比增长18.5%。

根据规划,到2020年阿里电网将纳入西藏统一电网,主电网覆盖范围将扩大到全部7个县的主要乡镇。由于覆盖范围的不断增加导致阿里电网负荷快速增长,与西藏中部电网联网前阿里电网缺电问题十分突出。

1.3 “十三五”后期电网规划简述^[4]

1.3.1 负荷预测

阿里与藏中联网工程建成前,阿里电网将维持覆盖噶尔县、札达县、日土县和革吉县等4县。在现有负荷的基础上,2019—2020年阿里电网新增主要负荷如下:

- 1)边防用电负荷 2~4 MW;
- 2)热电厂站外系统用电负荷 约1.5 MW;
- 3)日土、札达和革吉县采暖负荷,各约2.5 MW。

按照上述新增主要点负荷及阿里电网用电负荷的自然增长,预测2019年和2020年阿里电网最大

负荷分别为23.3 MW和30.3 MW。

1.3.2 电源规划

2019—2020年,阿里电网暂无电源投产。

1.3.3 2019—2020年电力空间分析

根据阿里电网负荷预测和电源规划进行电力平衡计算得出其电力空间结果见表1和表2。从计算结果来看,2019—2020年阿里电网缺电问题将十分严重,到2020年其最大电力缺额将达到18.1 MW。

表1 2019—2020年电力平衡 单位:MW

项 目	2019年		2020年	
	枯期	丰期	丰期	枯期
系统需要容量	18.7	26.8	24.4	34.8
电源可调出力	8.4	16.7	8.4	16.7
电力盈亏	-10.3	-10.1	-16	-18.1

表2 2019—2020年电量平衡 单位:10⁸ kWh

项目	2019年	2020年
系统需要电量	1.03	1.35
电源可发电量	0.77	0.79
电量盈亏	-0.26	-0.56

2 阿里电网供电问题解决方案研究

2.1 电源建设方案

2.1.1 电源建设方案选择

根据前述阿里电网电力空间分析计算结果,如果只考虑目前已建电源,2019—2020年阿里电网缺电问题十分严重,在联网工程建成前需要通过自建电源加以解决。

根据阿里地区能源资源情况,阿里电网可能的电源建设方案有扩建热电联产机组、建设地热电站、建设太阳能热电站、建设太阳能光伏电站、建设风电站、建设水电站和扩建柴油机组等方案。

除2025年以后方可投产的阿青水电站外,阿里地区暂无其他规划水电电源,因此建设水电站方案无法解决阿里电网近期缺电问题。

由于阿里地区地处青藏高原,空气密度低、风中含沙量大,这会造成风力机组运行难度大、发电功率不稳定、机组轴承损坏故障等问题。因此在现有开发技术条件下,阿里地区不宜开发风电作为主力电源。

虽然阿里地区地热资源丰富,但由于西藏地区

地热电站建设周期约为18~24个月,再加上阿里地区尚无明确的地热开发规划,因此建设地热电站方案也无法满足阿里电网近期缺电需要。

虽然阿里地区太阳能资源也较为丰富,但由于西藏尚无光热电站建设经验,加之光热电站建设周期也至少约为18~24个月,因此建设光热电站也无法解决阿里电网近期缺电问题。

综上所述,要解决阿里与藏中电网联网工程建成前阿里电网缺电问题,可供选择的仅有扩建热电联产机组、建设太阳能光伏电站和扩建柴油机组等方案。

2.1.2 方案技术经济综合分析比较

1) 方案经济性

表3为各方案成本电价初步比较结果。由表可见,建设太阳能光伏电站方案成本电价同扩建热电联产机组和扩建柴油机组方案相比有明显优势。

表3 成本电价比较表

方案	成本电价 /(元/kWh)	备注
扩设热电联产机组	1.6~3.7	利用小时1000~3000 h
建设光伏电站	0.9~1.2	已考虑储能成本
扩建柴油机组方案	4.0~5.0	利用小时1000~3000 h

2) 建设周期

扩建热电联产机组建设周期为18~24个月以内。建设太阳能光伏电站一般建设周期约为4~6个月^[5]。根据实际工程经验,阿里地区扩建燃油机组建设周期需要6~12个月。

相比之下,建设太阳能光伏电站方案能够最快满足阿里电网缺电需要。

3) 环保问题

建设太阳能光伏电站利用的是清洁能源,其建设和运行不会带来环保问题。扩建热电联产机组和燃油机组开机方案使用的分别是煤炭和燃油,其运行和运输过程中均有可能对环境造成污染。

4) 建设方案灵活性和可行性

扩建阿里热电联产项目、扩建燃油机组方案和建设光伏电站均可根据电网负荷发展需要投产所需机组,其建设灵活性均较高。

由于阿里地区均有建设经验,3个方案的技术方案和可行性也均较为明确。

2.1.3 推荐方案

根据方案技术经济综合分析比较结果,由于建

设光伏电站(配置储能)方案经济性相对较优,能够最快满足阿里电网负荷发展需要,不会带来环保问题,建设方案灵活度较高,方案可行性不存在制约因素,因此推荐作为阿里与藏中电网联网前阿里电网缺电问题方案。

2.2 电源建设规模

2.2.1 电源建设规模

若推荐建设光伏电站解决阿里电网近期缺电问题,则光伏电站建设规模应按满足最大日电量缺额考虑。

根据负荷预测结果及阿里电网夏季和冬季典型日负荷曲线,阿里电网冬季日最大电量需求约为561 000 kWh,夏季日最大电量需求约为390 000 kWh。

根据目前阿里电网实际运行数据,其夏季和冬季水电日均发电量分别为68 000 kWh和37 000 kWh;应急柴油机组日最大发电量分别为108 000 kWh和173 000 kWh;热电联产机组冬季日最大发电量为144 000 kWh;阿里光伏电站日均发电量约为50 000 kWh。

由此计算得出阿里电网夏季典型日电量缺额为164 000 kWh,冬季典型日电量缺额为157 000 kWh。

因此,阿里电网2020年最大日电量缺额为164 000 kWh。按照阿里电网已建光伏电站运行特性(10 MW_p光伏项目日均电量约50 000 kWh),需新建约32.8 MW_p光伏电站才能完全满足阿里电网日最大电量缺额的需要。考虑一定裕度后,推荐新建光伏电站的容量按40 MW_p考虑(光伏多发的情况下应急柴油机组和热电联产机组可以少发)。

2.2.2 建设规模适应性

根据负荷预测结果及阿里电网典型日负荷曲线及最小日负荷率(8月份约为0.54),可计算得出2020年阿里电网夏季日最小电量需求约为211 000 kWh。由于已建阿里光伏电站和规划新建40 MW_p光伏项目日均发电量可达250 000 kWh,因此在夏季最小负荷日即便考虑其它电源均不发电,规划新建光伏项目仍可能存在少量弃光问题。根据初步计算结果,规划新建光伏项目在夏季最小负荷日弃光电比例约18%,其合计年弃光限电比例合计不超过10%。

随着阿里电网负荷的进一步增长及阿里与藏中联网工程的建设,规划新建光伏项目初期弃光问题短期内即可得到解决。

2.3 储能配置方案

2.3.1 储能方式选择

储能技术是通过装置或物理介质将能量储存起来以便以后需要时利用的技术^[6]。鉴于光伏电站发电具有随机性的特点,在电站配置储能模块是解决其接入电网产生各种问题的有效措施。电力系统中引入储能环节后,可以有效地实现需求侧管理、消除昼夜间峰谷差、平滑负荷,不仅可以更有效地利用电力设备,降低供电成本,还可以促进系统稳定性、调整频率、补偿负荷波动^[7]。

储能技术按照储存介质进行分类,可以分为机械类储能、电气类储能、电化学类储能、热储能和化学类储能。根据阿里地区能源资源及其开发现状,阿里电网储能方案选择电气类储能、热储能和化学类储能基本不具备可行性,可供选择的仅有机电类储能中的抽水蓄能和电化学储能(蓄电池)方案。但阿里电网选择抽水蓄能方案存在诸多问题:

1) 建设周期问题。阿里地区建设抽水蓄能电站建设周期约为7~21个月,难以尽快满足阿里电网需要。

2) 常规抽水蓄能电站利用效率仅为65%~75%,需要消耗较多电力满足调峰需求。

3) 根据电力平衡结果,阿里电网2020年最大电力缺口为18.1 MW,要建设相应出力能力的抽水蓄能项目才能满足需求。但由于狮泉河实际来水量有限,特别是在冬季甚至会出现断流现象,阿里地区建设较大规模的抽水蓄能电站基本没有可能。

4) 阿里电网与西藏中部电网联网前其规模较小,抽水蓄能项目抽水运行时其出力波动将给电网带来较大冲击。

5) 阿里电网后期将实现与西藏中部电网联网,且还将建成具有年调节能力的阿青水电站,远期抽水蓄能项目的调峰能力发挥空间有限。

6) 阿里电网建设抽水蓄能电站并无明显经济效益,初期只有电网企业或政府部门投资,远期需要配套政策才能维持正常运行。

综上所述,阿里电网不宜建设抽水蓄能电站作为储能手段。

阿里电网采用电化学储能(蓄电池)则有较高的可行性。考虑到蓄电池的性能参数、使用寿命、后期维护难度、技术成熟度,并且结合场地占地面积、初期投资成本等因素,初步推荐采用磷酸铁锂电池

作为阿里电网储能方案,该方案在国内大中型储能系统中已有多个应用案例^[8-11]。

2.3.2 储能建设规模

1) 储能功率选择

根据电力平衡结果,储能装置出力达到18.1 MW即可满足需求。但由于规划新建光伏电站装机容量为40 MW_p,且与储能共用逆变器,为充分发挥项目装机容量的作用,储能功率仍可选择为40 MW。

2) 储能容量选择

规划新建光伏电站配置储能装置,一方面是要满足“削峰填谷”的需求,另一方面则需要满足平滑光伏发电出力波动的需要。

根据阿里电网已建电源的可调出力及典型日负荷曲线,为满足“削峰填谷”需求,计算得出2020年夏季典型日和冬季典型日有效储能容量分别达到130 MWh和155 MWh,才能满足将规划新建光伏电站高峰时刻所发电力的余额全部储存的需求。

狮泉河水电站从停机状态到满载的启动时间约为6 min,柴油机组从停机状态到满载的启动时间为2 min左右。为满足平滑光伏发电出力波动的需要,考虑实际运行中的时间裕度,这部分储能容量可按照保证电网在光伏出力突降后可稳定运行15~30 min来考虑。由于规划新建光伏电站最大出力为40 MW_p,因此平滑光伏发电出力波动所需的最大有效储能容量为10~20 MWh。

规划新建光伏电站初步推荐采用磷酸铁锂电池,其电池效率可达85%,放电深度可达90%。实际工程中蓄电池配置容量计算公式为

蓄电池配置容量(MWh) = 蓄电池有效储能容量(MWh) / 放电深度(%) / 电池效率(%)

计算得出规划新建光伏电站需要配置蓄电池容量约为230 MWh。

3 解决方案研究经济性及适应性

3.1 经济性

根据西藏近期工程建设经验,初步估算阿里电网建设一座容量为40 MW_p的光伏电站并配置储能容量为230 MWh的磷酸铁锂电池投资约为6.9亿元,其中光伏发电部分造价约为4.4亿元,储能部分造价约为2.5亿元。

阿里电网已建光伏电站年利用小时数约为

1800 h。按照年发电量 7.20×10^7 kWh 及目前西藏光伏上网电价 1.05 元/kWh 计算,其投资回报率约为 10%,对光伏发电企业将有一定的吸引力。

由于西藏光伏项目建设热度较高,实际还可考虑引进投资商以配额的方式在阿里地区建设光伏发电项目(如将在阿里地区建设“光伏+蓄电池”项目作为在西藏其他地区建设常规光伏项目的前提条件)以解决本项目的投资问题。

3.2 远期适应性

根据 2025 和 2030 年电力供需平衡结果(详见表 4),阿里电网远期丰期有明显电力富余,特别是 2030 年考虑阿青电站投产后,丰期电力富余将达到 38.1 MW。根据平衡结果,远期规划新建光伏项目枯期将主要满足阿里电网自身负荷需求,丰期则可参与阿里电网富余电力外送。

表 4 2025 年和 2030 年电力平衡 单位:MW

项 目	2025 年		2030 年	
	丰期	枯期	丰期	枯期
系统需要容量	31.2	44.5	38.8	55.4
电源可调出力	43.9	43.5	76.9	54.5
电力盈亏	12.7	-1.0	38.1	-0.9

4 结 语

1) 根据阿里地区能源资源禀赋及利用现状,结合方案经济性、建设周期、环保、方案灵活度和可行性等方面综合比较结果,推荐在充分利用现有电源的基础上,采用新增“光伏+蓄电池储能”模式解决阿里与藏中电网联网前阿里电网缺电问题。考虑到蓄电池的性能参数、使用寿命、后期维护难度、技术成熟度,并且结合场地占地面积、初期投资成本等因素,初步推荐采用磷酸铁锂电池作为阿里电网储能方案。

2) 根据电力电量平衡计算结果,推荐阿里电网建设一座容量为 40 MW_p 的光伏电站并配置储能容量为 230 MWh 的磷酸铁锂电池。

3) 为满足阿里电网电压和无功调节需求,新建光伏电站还需配置一组容量为 -8 Mvar ~ +8 Mvar 的 SVG。

4) 为保证光伏出力波动时电网安全稳定运行,需修复或更换已建阿里光伏电站的储能设备。

5) 阿青水电站具有年调节能力,建成后可为阿里电网提供调峰能力和电源支撑,还可有效提升阿里与藏中电网联网工程的送电能力和阿里电网的安全稳定水平,建议加快推进阿青水电站的建设。

6) 由于西藏光伏项目建设热度较高,建议可考虑引进投资商以配额的方式在阿里地区建设光伏发电项目以解决本项目的投资问题。

参考文献

- [1] 何志强,郑勇,张立锋,等.边远地区局域电网供电问题研究[J].四川电力技术,2017,40(5):18-21.
- [2] 阿里电网经济可靠运行相关问题研究[R].拉萨:国网西藏电力有限公司,西南电力设计院,等.2018.
- [3] 阿里电网 2018 年度运行方式[R].拉萨:国网西藏电力有限公司,2018.
- [4] 西藏电网“十三五”发展规划[R].拉萨:国网西藏电力有限公司,西南电力设计院,等.2015.
- [5] 西藏自治区阿里地区并网 10 MW_p 光伏电站可行性研究报告[R].拉萨:国网西藏电力有限公司,成都勘测设计院,等.2015.
- [6] 戴丽.储能决定可再生能源发展水平[J].节能与环保,2018(5):26-27.
- [7] 张祖平,刘思革,梁惠施.电力储能技术在不同电压等级配电网中的应用[J].供用电,2012,29(1):1-4.
- [8] 李欣然,黄际元,陈远扬,等.大规模储能电源参与电网调频研究综述[J].电力系统保护与控制,2016,44(7):145-153.
- [9] 李建林,马会萌,袁晓冬,等.规模化分布式储能的关键应用技术研究综述[J].电网技术,2017,41(10):3365-3375.
- [10] 孙冰莹,杨水丽,刘宗歧,等.国内外兆瓦级储能调频示范应用现状分析与启示[J].电力系统自动化,2017,41(11):8-16.
- [11] 胡娟,杨水丽,侯朝勇,等.规模化储能技术典型示范应用的现状分析与启示[J].电网技术,2015,39(4):879-885.

作者简介:

张立锋(1978),高级工程师,主要从事西藏电网电力系统规划建设管理工作。

(收稿日期:2019-03-04)