电力储能系统安全技术与应用研究

黄逸斌
大唐贵州发电有限公司黔南分公司，贵州 黔南 550700

[摘要]储能系统不仅是推动电站发展的核心技术，还在实现“双碳”目标过程中发挥着重要作用。为了保证其电力储能系统的有效应用，必须高度重视其安全性，加强储能系统的安全管理和技术创新。因此，文章探究和分析电力储能系统安全技术与应用，以期为电力储能系统提供理论支持和实践指导。

[关键词]电力储能系统；安全技术；应用
DOI：10.33142/hst.v7i10.13891　　中图分类号：TM76　　文献标识码：A

Research on Safety Technology and Application of Electric Energy Storage System

HUANG Yibin
Datang Guizhou Power Generation Co., Ltd. Qiannan Branch, Qiannan, Guizhou 550700

Abstract: Energy storage systems are not only the core technology driving the development of power plants, but also play an important role in achieving the "dual carbon" goal. In order to ensure the effective application of its power energy storage system, it is necessary to attach great importance to its safety, strengthen the safety management and technological innovation of the energy storage system. Therefore, this article explores and analyzes the safety technology and application of power energy storage systems, in order to provide theoretical support and practical guidance for power energy storage systems.

Keywords: electric energy storage system; safety technology; application

引言

在智能电网时代背景下，电力系统面临更高的需求和更复杂的管理挑战。目前，电力储能具备快速响应、双向调节、配置方式灵活、环境适应性强、建设周期短等特点和优势，其储能技术被广泛应用于发、输、配、用各个环节，其发挥着重要的作用。预计到 2050 年，中国能源生产和终端消费环节的新能源比重将超过 50%。这一趋势意味着对储能技术的需求将大幅增长。为了有效应对这一挑战，提升电力储能系统的安全性和可靠性显得尤为重要[1]。

1 储能电站的构成

储能电站的构成主要包括电池系统、变流器、配电设备等组件，通过合理的设计和布局可以实现多种功能。例如：昆山储能电站是一个规模较大的储能电站示范工程，其整体规模是 110.88/193.6 兆瓦时，电站主要可以细分为 4 个区，共有 88 台电池预制舱，单个舱的规模为 2.2 兆瓦时。该储能电站采用磷酸铁锂的电池方案，这种电池具有高安全性和长寿命等优点，适合用于储能系统。同时通过四回 35 千伏线路接入 220 千伏昆山变的 35 千伏侧，确保了储能系统与电网的有效连接。此外，在储能电站中升压室有开关柜、变压器、PCS 等配电设备，通过对储能系统的控制和管理，实现电网的紧急功率支撑、调峰、调频和无功支撑等多重功能，从而保障电力系统的稳定运行和优化性能。

2 储能组网型和构网型的技术特点

在当今能源领域中，储能系统的发展越来越受关注，其对实现能源供应的高效、可靠和可持续具有重要意义。

目前，储能系统中组网型被广泛应用，其主要是通过 DC-DC 变流器实现虚拟并联而非直接并联电池组，以提高系统的安全性。当单组电池发生故障时，系统能够快速切断该组电池，确保系统的稳定运行。而构网型储能系统是电压源型系统，能够自行设定并输出稳定的电压和频率，即使在没有电网的情况下也能独立运行。这也意味着在电网发生故障或没有外部电网支撑时，构网型储能系统仍能维持电力供应的稳定。因此具有重要的应用前景。然而由于技术问题、成本过高、标准缺失等多种因素，还未开展大规模的推广。两种储能技术的技术特点和优缺点比较情况见表 1。

3 储能电站中经常遇到的问题

3.1 电池方面

在电池方面遇到的问题主要分为两大类。一类是电池单体电压跳变和相邻单体电压的镜像，影响电池的充放电均衡性和安全性，降低电池的工作效率和寿命。另一类是电池管理系统故障，常见的问题包括电池自检失效、模块失效、BMU 丢失、温度异常等，使得电池管理系统无法正常监控和管理电池状态，增加了系统的风险，导致电池过压、过放等安全问题[2]。

3.2 系统方面

从系统层面来看，储能电站常常遇见三种问题。一是通信系统故障，系统和设备的通信不稳定或中断，导致系统无法及时获取实时数据或发送控制指令，从而影响系统的响应能力和整体性能。二是充放电转换效率低。受到一些因素的影响电池充电和放电过程中，能量转换的损耗较高，导致电

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

表 1 组网型和构网型技术的技术特点和优缺点比较

内容	组网型	构网型
电网同步技术	电池模组 DC-DC 控制器	功率同步环
呈现特性	电流源	电压源
运作模式	只可并网运行	离、并网均可运行
频率变化响应	响应慢	响应快
相位变化	可突变	不可突变
系统成本	0.8 元/Wh	1 元/Wh
电压扰动响应	响应慢	响应快
优点	降低对电池组规格的要求，兼容不同类型、品级、规格的电池，提高电池间的主动均衡性；降低单一电池组性能劣化或故障对其他电池模组影响，提高电池储能系统的稳定性和服役寿命。	提供同步电压电流，为电网提供虚拟惯性；可在极端环境下提供故障穿越、黑启动等功能。
缺点	维护复杂性增加；某些不兼容的电池仍会导致性能下降或故障。	成本较高；若多台并联可能会出现环流等问题。

能的浪费，增加运行成本，并且降低系统的整体性能和经济效益。三是，响应时间长。系统在面对负荷变化或故障时，做出反应的时间过长，使得系统无法及时调整或应对变化，从而影响电力调控的效果，导致电力供应的不稳定或其他问题。

3.3 其他方面

在其他方面也会对系统的运行稳定性和安全性造成影响。一是通信线路接触不良。系统中用于数据传输和监控的通信线路在连接处存在松动或接触不良的情况，导致数据信号无法正常传输。二是风道设计不合理。电池集装箱（或升压舱）内部风道结构设计存在缺陷或不足，导致风道流通不畅，无法有效降低内部温度，造成单个集装舱或者预制舱出现升温过快的情况。

4 电力储能系统安全设计

4.1 考虑内容和注意事项

首先，在电站级的系统设计中，考虑接入系统设计，包括符合电网接入规范的技术指标、保护装置和监控系统等，确保储能电站在接入电网时能够满足电网公司的要求，并且能够安全稳定地运行[3]。

其次，根据储能电站未来的功能需求，设计适配的通讯架构，涉及实时监控、远程控制、数据传输等功能，并需要考虑通讯网络的稳定性、实时性、安全性等方面的设计。通过合理设计通讯架构能够支持储能电站未来发挥的功能，如：智能调度、远程监控、故障诊断等，确保通讯系统能够满足电站运行的需要。

最后，在电力储能系统安全防护中，厂区布置和消防设计也是非常重要的。由于当前国内缺乏相关的标准，所以更多的电站采用舱体的气体消防和站区的水消防。虽然这两种消防可以提供一定的保护，但仍需要根据具体情况进行优化和完善，确保当发生火灾时能够迅速有效地进行扑救。

4.2 电池预制舱系统设计

4.2.1 电池类型

电池的制造过程需要严格的工艺控制和高度的精密度。从原材料的准备到成品的组装，每个环节都需要符合标准化的制造流程，以确保电池的质量和性能稳定。其性能表征由许多参数组成，如：容量、内阻、电压、充放电效率、循环寿命等等，这些参数相互影响，综合起来反映了电池的整体性能水平。因此，在电气储能项目中，需要根据电站的功能目标和运行环境来选择最合适的电池类型。

4.2.2 结构设计

在结构设计中，需要对预制舱的材料要求进行重点、全面地考虑，如：焊接要求、材料选型、防尘和防雨设计、预制舱承重设计、运输加固设计等。虽然某些细节看起来微不足道，但如果忽视它们，可能会导致严重的后果，影响整个电池预制舱的运行和安全。例如：灰尘和污垢可能会影响电池和其他设备的正常运行，因此采取有效的防尘设计可以延长设备的寿命。

4.2.3 电气设计

在电气设计中 PACK 设计时需要电池之间的一致性确保每个电池的性能参数（如电压、容量等）相对接近，避免因单个电池性能差异而影响整体系统性能。同时，还需要考虑电池插箱和电池簇之间以及与其他元件之间的绝缘良好，防止电气短路和其他安全问题的发生。在接地设计中，电池插箱和电池簇的接地应当具备连续性，有效防止电气设备因静电、雷击等问题而产生损坏或安全隐患。此外， 短路是电池系统中常见的风险之一，因此需要设计有效的短路保护机制，及时检测短路并采取措施避免进一步损害，确保系统的安全运行[4]。

4.2.4 热管理设计

在热管理设计中，通过对电池的热传导、导热和散热等特性进行仿真分析，可以得到电池工作时的温度场分布情况。根据仿真结果和热量分布情况，确定合适的出风口大小，以有效地排出电池产生的热量。同时，增加扰流板改变风道内气流的流动特性，提高换热效率，提高散热效果。另外，考虑整个风道的保温性能，使得电池在适宜温度范围中运行。

4.2.5 消防设计

在消防设计中，单一的消防措施无法覆盖所有风险。所以储能系统应坚持“预防为主、防消结合”的原则，综合考虑不同消防的特点，如：被动消防是通过建筑结构、材

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

料等降低火灾风险；气体消防是使用气体灭火系统，能够在火灾发生时快速释放灭火气体，迅速扑灭火势；细水雾消防是通过细水雾系统有效降低温度、抑制火势，适用于特定场景下的消防需求。同时，结合电站储系统选取消防，并制定一个全面的消防策略，确保消防系统的全面性和有效性。

4.2.6 保护策略

在保护策略中，利用 BMS 全面监测电池的状态，包括电压、电流、温度等参数，及时发现电池运行异常，并采取相应措施以防止潜在风险。同时借助 EMS 对整个站电气设备的信号进行接入，提高系统的运行效率。针对储能电站运行和安全上实施多层级保护。对于不同类型的故障，通过提前设定预警机制，及时发现并处理电池系统可能存在的问题，避免事故发生或扩大。

5 电力储能系统安全技术的应用实践

在上述储能电站介绍中，了解到昆山储能电站有 4 个分区，通过机控中心管理整个电站运行，并建设了 88 台电池预制舱用于电能储存，为提高安全性，电池预制舱之间设置了防火墙，采用气体消防与细水雾消防相结合的措施，确保在发生火灾时能够有效扑灭火势。在后期运维中，通过规范化的运维管理和标准方案确保对电站设备和系统的全面管理和维护，包括设备的定期检查、维护、清洁，以及对设备运行数据的监测和分析。同时开展对不同设备特性的针对性状态评价，并进行分类评估，以及时发现设备异常，预警可能的故障。此外，储能电站的运维依靠专业的团队，包括电气、机械、控制等方面的专业人员，他们具备丰富的经验和专业知识，能够及时应对设备运行中可能出现的各种问题。

6 电力储能系统安全技术与应用的提升措施

6.1 构建完善的储能标准体系，加强贯彻执行

在电力储能中应构建完善的标准体系，不仅要关注设备本身的技术规范，还要涉及设备的使用和管理等方面，确保系统在整个使用过程中的安全和可靠性。在制定储能标准体系过程中，需要综合考虑各个环节的技术要求，以及行业实践和国际经验，使得标准更加具备科学性和实用性。然而，制定标准并不意味着安全就能自动得到保障，还需要各级从业人员必须在日常工作中严格按照标准操作，才能有效保障储能系统的安全性。通过现场检查、设备检测等方式，及时发现是否有违反标准的行为，并纠正问题，从而降低事故风险。同时通过定期培训和教育活动，帮助员工深入了解标准的重要性和具体操作方法，提升他们的安全意识和技术能力，使他们能够更好地遵守标准，确保储能系统长期稳定可靠运行[1]。

6.2 制定规范的管理制度，加强安全管理

电力储能系统在运行中需要制定规范的管理制度，明确规则和程序，使得每个环节都有清晰的操作规范，同时明确分工相关人员的职责和任务。例如：在启停设备时，遵循严格的顺序和安全操作要求，并配有设备检查和维护手册，使得操作人员清楚设备情况，防止因不当操作引发事故。另外，加强安全管理，通过规范管理、及时维护和完善的应急预案，确保储能系统在运行中的安全性和稳定性。例如：储能电站需要为操作人员制定应急预案，比如在设备过热或发生短路时，操作人员该如何迅速判断问题、关闭设备以及启动紧急电源。同时定期开展消防演练和设备故障排查，提高人员应对突发事件的能力。

6.3 加强安全应用技术，探索新材料和新技术的应用

在电力储能系统中加强安全应用技术，探索新材料和新技术的应用具有重要意义。研究和应用新型材料，如：高性能电池材料、隔离材料等。通过利用先进的材料科学技术，开发出具有高能量密度、快速充放电特性和长寿命的电池材料，从而提高储能系统的整体性能。同时，还需要加强新技术的探索，利用智能监测技术，实现对储能系统各项参数和运行状态的实时监测和分析，及时发现问题、预警风险，并采取相应措施，确保系统稳定运行。

6.4 强化储能系统安全设计，加强消防安全

在储能系统的设计阶段加强安全性考虑，不仅要合理规划设备布局，考虑到设备之间的距离、通道设置等，确保设备运行时的安全性和便捷性。还需要根据设备的特性和安全要求，设置合理的安全距离，预防因设备故障或突发情况引发的安全风险，如短路、火灾等。此外，储能系统安全保障中消防安全是非常重要的一部分，建立完善的火灾报警系统，包括烟感应器、温度感应器等，能够及时发现火灾隐患，提高事故发现的及时性。并完善和定期检修各类消防设备，保障其在紧急情况下的可靠性和有效性，提高消防应对能力，减少损失和风险。

7 结语

综上所述，电力储能系统的安全技术具有重要的作用，不仅需要注意电站级的系统设计、通讯架构设计、安全防护等方面，还需要注重电池预制舱系统设计，有效提升电力储能系统的安全性和稳定性，保障系统运行的可靠性和持续性。在未来发展中需要构建完善的储能标准体系，加强贯彻执行，制定规范的管理制度，加强安全管理，加强安全应用技术，探索新材料和新技术的应用，强化储能系统安全设计，加强消防安全，进而促进行业的可持续发展。

[参考文献]

[1]李斌,刘斌,李超.新型电力系统下锂离子储能电站热安全管理技术综述[J].新型电力系统,2024,2(2):126-139.

[2]王枫,周斌,张辉.“双碳”背景下源网荷储协调互动助力新型电力系统建设[J].中国资源综合利用,2022,40(5):188-201.

[3]张智刚,康重庆.碳中和目标下构建新型电力系统的挑战与展望[J].中国电机工程学报,2022,42(8):2806-2819.

作者简介：黄逸斌（1996.1—），男，毕业院校：安顺学院，所学专业：环境工程，当前就职单位：大唐贵州发电有限公司黔南分公司，职务：电气主管，职称级别：助理工程师。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.