

基于电池管理系统的储能变流器控制策略研究

杨秉翰

(中国水利水电第三工程局有限公司 陕西江河水利水电土木勘测设计研究有限公司 710024)

摘要: 随着能源结构的转型和新能源技术的不断发展, 电池储能系统在可再生能源并网、智能微网、通信等领域的应用越来越广泛。电池管理系统 (Battery Management System, BMS) 成为电池储能系统的关键组成部分, 对电池的充放电过程进行管理, 可以确保电池的安全运行和延长使用寿命。本文旨在研究基于 BMS 的储能变流器控制策略, 以提高电池储能系统的能量转换效率和安全性。

关键词: 电池管理系统; 储能变流器控制; 能量转换效率; 安全性

引言: 可再生能源的普及和电力系统的需求响应不断增长, 储能技术逐渐成为解决能源转换、传输和分配问题的关键。其中, 电池储能系统由于其高能量密度、快速充放电等优点, 在各种储能技术中占据主导地位。而电池管理系统 (BMS) 作为电池储能系统的核心组成部分, 对电池的性能和使用寿命起着至关重要的作用。储能变流器是实现电池储能系统与电网之间能量双向流动的关键设备, 其控制策略的优劣直接影响到电网的稳定性与电池的寿命。

一、电池管理系统概述

电池管理系统 (Battery Management System, 简称 BMS) 是用于管理储能电池的专用系统, 主要负责对储能电池组进行电压、温度、电流、容量等信息的采集, 实时状态监测和故障分析, 同时通过 CAN 总线与 PCS、监控与调度系统联机通信, 实现对电池进行优化的充放电管理控制。BMS 应具有电池电压均衡、电池组保护、热管理、电池性能的分析诊断等功能。

BMS 是一个专门用于管理储能电池的智能系统。它如同电池的“大脑”, 时刻监测并控制着电池的工作状态。BMS 负责采集电池的电压、温度、电流、容量等关键信息, 如同电池的“感知器官”, 能实时掌握电池的工作状况。一旦电池出现异常, BMS 能迅速作出反应, 通过调整充放电状态或启动保护机制, 确保电池安全运行。同时, BMS 还具备 CAN 总线通信功能, 可以与 PCS (功率控制设备)、监控与调度系统进行联机通信。这意味着, BMS 不仅对电池进行管理, 还能与整个能源网络进行信息交互, 实现更优化的充放电控制。通过这些信息交互, 能源调度中心可以更精准地掌握储能电池的状态, 从而作出更为科学、合理的调度决策。除此之外, BMS 还具有一系列高级功能。例如电池电压均衡管理, 能够确保电池组中每一节电池都工作在最佳状态, 避免了单节电池过度使用或充电的情况发生, 有效延长了电池整体寿命。而热管理功能则确保电池在任何工作环境下都能维持在适宜的温度, 为电池的安全与效能提供保障。更重要的是, BMS 具备强大的故障诊断与分析能力。通过采集到的各种信息, BMS 能对电池性能进行深入分析诊断,

及时发现潜在问题并发出预警。这不仅为故障排除提供了重要依据, 也极大地提高了能源网络的运行可靠性。

二、储能变流器控制策略

(一) 储能变流器的定义和功能

储能变流器 (PCS) 是一种将电能进行储存和释放的设备, 具备将直流电转换为交流电或反之亦然的能力。它在可再生能源系统、电网稳定、分布式发电等领域有着广泛的应用。通过控制储能变流器的输入和输出, 可以实现电能的储存、释放以及电网的调度。

(二) 储能变流器的分类和控制方式

储能变流器, 作为能源转换的核心器件, 在可再生能源的并网与独立运行中起着至关重要的作用。主要分为并网型和独立型两类, 二者在应用场景和控制方式上存在显著差异。并网型储能变流器主要用于与大电网的交互, 在电力系统的稳定性、安全性及效率方面发挥关键作用。它能实现电能的双向流动, 既可将电能输送至电网, 也可从电网吸收电能。在大规模风电、光伏等可再生能源并网应用中, 并网型储能变流器发挥着不可或缺的作用, 确保了电网的稳定运行。独立型储能变流器则主要用于孤岛或微电网, 它能在无大电网支持的情况下独立运行, 为偏远地区或特定场所提供持续、稳定的电力供应。独立型储能变流器在应急供电、分布式能源等领域具有广阔的应用前景。在控制方式上, 传统的基于 PI 调节器的控制策略在储能变流器中仍占据主导地位。这种策略简单、可靠, 能满足大部分基础控制需求。然而, 随着人工智能和机器学习技术的飞速发展, 基于这些先进技术的控制策略在储能变流器中逐渐崭露头角。这些新型控制策略具有自适应性、预测性等特点, 能更好地应对复杂多变的电力环境, 提高储能变流器的运行效率和稳定性。

(三) 现有控制策略的优劣对比

多种策略各有所长, 对比之下各有优劣。恒功率控制策略以其简单、直观的特点被广泛应用。它主要依赖于电网的稳定, 通过保持功率恒定来实现控制目标。这种策略的优势在于实现简单, 对于基础的控制需求, 如保持设备在一定范围内的稳定运行, 效果显著。然而,

它对电网的依赖性强,一旦电网出现波动,控制效果将大打折扣。优化算法控制策略则更注重全局最优。例如,遗传算法和粒子群算法等通过模拟自然界中的演化过程,寻找最优解。这种策略的优点在于可以实现全局最优,尤其在面对复杂的、非线性的系统时,其效果往往优于其他策略。然而,这种策略的计算复杂度高,实时性差,对于实时控制的要求难以满足。此外,随着人工智能的发展,神经网络和模糊控制等控制策略也逐渐受到关注。这些策略基于数据和模型,具有自适应性。它们能够根据系统的实时变化进行自我调整,这在许多动态变化的场景中具有显著的优势。然而,它们的实施依赖于大量的数据和精确的模型,一旦数据或模型出现误差,控制效果可能会受到影响。

三、基于电池管理系统的储能变流器控制策略设计

(一) 充放电控制策略

充放电控制策略是确保电池安全、高效运行的关键。充放电控制策略的核心在于实时监测电池的荷电状态(SOC)和健康状态(SOH)。SOC描述了电池当前所含电量的多少,而SOH则反映了电池的性能衰减程度。通过这两项指标,可以精确预测电池的充放电需求,从而调整变流器的输出电压和电流,实现智能化的充放电管理。然而,仅仅通过SOC和SOH的监测,并不能完全确保电池的安全。为了避免过充和过放的情况,还需要设定合理的阈值。当电池电量接近这些阈值时,变流器应自动调整其充放电策略,以防止对电池造成不可逆的损害。智能化的充放电控制策略不仅能延长电池的使用寿命,更能确保其在各种应用场景中的安全性能。对于电动汽车而言,这意味着更长的行驶里程和更安全的驾驶体验;对于可再生能源存储而言,则意味着更高的能量利用效率和更稳定的电力供应。

(二) 功率控制策略

功率控制策略主要用于维持系统的功率平衡。在并网应用中,储能变流器与电网的同步性是核心要点。随着可再生能源的广泛接入,电网对于功率输出的要求更加严格。储能变流器需精确控制有功功率和无功功率的输出,以满足电网的实时需求。这不仅有助于维持电网的稳定性,还可以有效降低电网的压力,防止因功率波动引起的故障。与此同时,功率控制策略还需考虑更多的质量指标。例如,功率因数和电压畸变是衡量电能质量的重要标准。通过先进的控制算法,可以实时监测并调整这些参数,从而提升供电质量,满足各类电力负荷的需求。在离网应用中,功率控制策略的任务更为复杂。由于没有电网作为支撑,离网系统需要根据负载需求动态调整输出功率。这需要精确的预测和快速的响应机制,以确保在任何情况下,系统都能稳定运行。

四、基于电池管理系统的储能变流器控制策略设计

(一) 控制策略优化方法

1. 自适应控制

自适应控制作为一种先进的控制策略,能够根据系统参数的变化自动调整控制器参数,为储能变流器中的电池管理提供了一种有效的解决方案。在储能变流器中,电池的荷电状态、健康状况等因素是动态变化的。自适应控制能够实时跟踪电池状态,并根据电池的当前状态和历史数据,预测其未来的性能和寿命。通过调整控制策略,可以确保电池在最佳状态下运行,既保证了电池的安全性,又延长了其使用寿命。然而,自适应控制对传感器的精度和实时性要求较高。为了获取电池的详细信息,需要部署高精度的传感器网络,对电池的各项参数进行实时监测。此外,还需要建立完善的信号处理和数据分析系统,对传感器数据进行快速处理和准确分析,为自适应控制提供可靠的决策依据。在实际应用中,自适应控制还需要考虑其他因素的影响。例如,温度、电流、电压等环境因素可能对电池的性能产生影响,需要在控制策略中加以考虑。同时,为了实现自适应控制的最佳效果,还需要不断优化控制算法,提高其对各种复杂工况的适应性。

2. 预测控制

预测控制作为一种先进的控制策略,在电池管理领域具有显著的优势。预测控制通过建立电池的数学模型,对未来的状态进行预测,并在此基础上制定控制策略。这种方法能够在电池状态恶化之前进行干预,有效提高电池的稳定性 and 效率。在实时运行中,预测控制能够及时调整电池的充放电状态,避免过充或过放,从而延长电池的使用寿命。然而,预测控制的准确性高度依赖于所建立的电池模型的精度。一个精确的模型能够更准确地预测电池的状态变化,使控制策略更加有效。因此,建立一个能够反映电池实际运行状态的模型是关键。此外,由于电池的老化、环境温度和SOC等因素的影响,电池模型需要定期更新以保证其准确性。

结束语

综上所述,通过验证基于BMS的储能变流器控制策略的有效性,表明该控制策略能够实现高效、稳定、安全的储能变流器运行。基于BMS的储能变流器控制策略对于提高储能系统的性能和稳定性具有重要意义。

参考文献:

- [1] 国网新疆电力有限公司,大连理工大学,安徽正光电电力技术有限公司.一种基于模糊理论的储能变流器虚拟同步自适应控制方法:CN202110623113.7[P].2021-12-21.
- [2] 吴晓丹,吴冠宇,周京华,等.基于VSG的储能功率变流器离网并联控制策略[J].电气传动,2021,51(14):28-32 61.