

Application and Performance Analysis of Energy Storage Electricity in Power System Microgrid

Qianqian Cheng Shilei Chen

Hefei Guoxuan Hi-tech Power Energy Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract

Energy storage appliances play an important role in the power system, especially for the micro-grid system, which has the characteristics of large power fluctuation and high load demand variability. The introduction of energy storage appliances helps to reduce power overload and improve the stability and reliability of the system. This paper mainly discusses the application of energy storage appliances in power system micro grid. Based on the model prediction and control strategy, we build an application model of energy storage appliances and power micro grid system, including battery energy storage, supercapacitor and flywheel energy storage. The results show that for the load fluctuation in the micro grid, it is that the application of energy storage appliances can not only improve the stability and reliability of the power system, but also effectively provide emergency power and reduce the dependence of the power system on the power grid. In this regard, the results of this study are helpful to the planning and design of power system micro grid and optimize the matching and configuration of energy storage appliances.

Keywords

energy storage appliances; power system micro grid; power balance; load fluctuation; power dependence

储能电气在电力系统微网中的应用及性能分析

程倩倩 陈诗磊

合肥国轩高科动力能源有限公司, 中国 · 安徽 合肥 230000

摘 要

储能电器在电力系统中担任重要角色, 尤其对于微网系统中, 其中功率波动大以及负载需求可变性较高的特点, 储能电器的引入有助于减少电力过载、提高系统稳定性和可靠性。论文主要对储能电器在电力系统微网中的应用进行深入探讨, 基于模型预测控制策略, 我们构建了一个储能电器与电力微网系统的应用模型, 其中包括电池储能、超级电容器和飞轮储能等技术方案。研究结果显示, 对于微网中的负载波动, 更具有深远意义的是, 储能电器的应用不仅可以提高电力系统的稳定性和可靠性, 而且可以有效地提供应急电力, 减少了电力系统对电网的依赖。对此, 本研究结果有助于电力系统微网的规划和设计, 优化储能电器的匹配和配置。

关键词

储能电器; 电力系统微网; 功率平衡; 负载波动; 电力依赖度

1 引言

随着社会经济的发展, 以及科技的不断进步, 电力系统微网已经成为中国电力系统中的重要组成部分。微网系统旨在为用户提供安全、可靠又经济的电力供应, 然而由于负荷需求的可变性以及资源结构的复杂性, 这对于微网系统的稳定运行提出了极高的要求。中国为了应对此问题, 近年来逐渐引入了储能电器, 其高度的灵活性和良好的动态响应特性, 更利于解决微网中功率波动大的问题, 帮助电力系统更好地应对负载需求的可变性, 从而有效提高电力系统的稳定性和可靠性。储能电器在电力系统微网中的应用已经引起了

学界的广泛关注, 目前对于其应用方案和性能特性的研究也较为深入。论文主要研究储能电器在电力系统微网中的应用及性能分析, 旨在为设计微网系统的规划, 优化储能电器的匹配和配置提供理论支持。

2 储能电器的概述和应用

2.1 储能电器的基本概念和技术特性

储能电器是指能够将电能进行存储, 并在需要时释放的设备^[1]。其基本原理是将电能转化为其他形式的能量(如化学能、电势能等)进行储存, 并在需要时再将其转化为电能输出。储能电器具有高能量密度、快速响应、长寿命和灵活性等技术特性, 可以满足电力系统微网中对能量调度和应急供电的需求^[2]。

【作者简介】程倩倩(1992-), 女, 中国安徽黄山人, 本科, 工程师, 从事电气研究。

2.2 储能电器的主要应用领域和技术方案

储能电器在电力系统微网中有广泛的应用领域。主要包括电能质量改善、电网削峰填谷、调频调压调相、备用电源和微网稳定等方面。储能电器的技术方案主要有电池储能、超级电容器和飞轮储能等。电池储能具有能量密度高、容量大、寿命长的优势；超级电容器具有功率密度高、循环寿命长的特点；而飞轮储能具有响应速度快、寿命长的特点。

2.3 电力系统微网中储能电器的应用及其必要性

电力系统微网是指由分布式能源、负荷和储能电器组成的小型电力系统。储能电器在电力系统微网中具有重要的应用价值和必要性。储能电器可以协助实现电力系统微网的能量平衡和功率平衡，提高系统的运行效率和稳定性。储能电器可以对负载波动进行响应和调度，满足电力系统微网对电能的可控需求。储能电器作为备用电源，在电力系统微网出现故障或紧急情况时，能够为负荷提供应急供电，确保系统的安全可靠运行。

通过对储能电器的基本概念和技术特性的介绍，以及储能电器在电力系统微网中的应用领域和必要性的讨论，可以更深入地理解储能电器的重要作用。接下来，将进一步对储能电器在电力系统微网中的性能分析进行探讨。

3 储能电器在电力系统微网中的性能分析

3.1 储能电器在电力系统微网中的功率平衡能力

功率平衡能力是评价储能电气性能的重要指标，它直接影响到微网的稳定运行。在微网中，储能电器的功率平衡能力表现为其在短时间内调整其出、入电流，使微网负载电力和微网内部发电机电力输出之间保持平衡。从而使得微网内的电能质量得以保障。

储能电器具备较强的功率平衡能力，特别是在应对微网内部发电机电力输出波动时，能够迅速调整其出、入电流，保证微网内的电力供应和电能质量稳定。功率平衡能力与储能电器的额定功率、能量密度以及效率等参数有着紧密的联系。

3.2 储能电器在电力系统微网中对负载波动的响应与调度

储能电器在电力系统微网中对负载波动的响应与调度能力是其核心功能之一。微网是一种新的电力系统结构，由不同类型的电源、负载和储能装置组成，可以实现对电能的高效利用。但由于微网中负载的随机性，储能装置需要根据负载波动对电力进行储存和释放，以保证电力供应的稳定性。

在对负载波动的响应方面，储能电器以其高效地吸收与释放电能的能力，可以快速响应微网中的实时负载变化，消除由于负载的突然增减或者周期性变动导致的电力不平衡。这在微网中对周期性的负载变化和突变的负载有很大作用，有助于防止电力系统出现电压暂降或者电压波动现象，

提高了电力系统的稳定性和安全性。

在电力调度过程中，储能电器同样发挥着重要作用。由于储能电器可以实现电能的储存和平滑输出，在负载发生波动时，储能电器可以通过合理的电力调度策略实现电能的有效利用，通过调整储能电器的储存和释放电能的策略，使得电力供应能够满足负载需求，保证系统运行的稳定^[9]。

储能电器通过自身的储能能力和快速响应能力，对负载波动进行有效的调度，能够实现系统功率的平衡，提高网络稳定性，降低电网的运行风险。该技术也可以提高储能电器的使用效率和使用寿命，降低系统运行的维护费用。

根据微网电力系统的运行特性，储能电器的充放电控制策略需要结合电力系统的实际运行需求进行制定。一方面，储能电器的充电策略需要满足系统使用力量的需求，在无法满足电力供应的情况下，需要优先考虑储能电器的充电；另一方面，储能电器的放电策略需要满足系统的进一步电力需求，在满足系统电力需求的还需要考虑到储能电器的使用寿命和安全性。

该现象是利用储能电器在微网中调节负载波动的一种有效手段，通过此种方式，不仅可以提高电力系统的稳定性，降低运行成本，还可以延长储能电器的使用寿命，实现了系统运行的效益和环境效益的双重目标，对于电力系统微网的稳定运行具有非常重要的作用。

3.3 储能电器在电力系统微网中的应急供电能力

应急供电能力也是评价储能电气在电力系统微网中性能的重要指标。在微网系统中，如果发生电网突然断电等紧急情况，储能电器要能迅速切换为独立运行模式，以维持微网内关键负载的正常供电。

储能电器能在短时间内向微网内灌入大量能量，迅速响应应急供电需求，尤其是对于飞轮储能、超级电容器等具有高功率密度的储能设备来说，其可以在几十毫秒内完成供电需求的快速响应，保证微网在受到干扰甚至是短路时，仍能完成既定的供电任务。

综合上述几方面的分析，可以深入理解储能电器在微网中的义不容辞的角色和重要性。与此储能电器本身的性能特性，如其快速响应性，电能大规模储存能力以及智能调度能力，也为微网提供了强大的技术支持，保证了微网运行的稳定和高效。

4 储能电器在电力系统微网的规划与设计

4.1 基于模型预测的储能电器规划与设计

电力系统微网的储能设备规划设计，应该以确保系统稳定、优化能源分配、降低运维成本为目标，构建出适应具体工况需求的设备配置。开发基于模型预测的储能电器规划与设计策略，可以使电力系统微网的运营更加智能化、高效。模型预测主要基于历史数据和发电状态对未来一段时间内的电网运行情况进行预计，从而为储能设备的配置和调度

提供决策支持。对于包含风电、光伏等新能源的电力微网，由于其发电选择的随机性较大，需要引入能确保预测准确的机器学习算法进行辅助分析。

4.2 电池储能、超级电容器和飞轮储能等技术方案的选择和应用

随着电力系统微网需求的增长，选择和应用合适的储能电器技术方案有着至关重要的作用。电池储能、超级电容器和飞轮储能等都是当前比较成熟的储能技术，但它们在微网系统中的应用具有不同的侧重点和优点。

电池储能是目前微网应用最广泛的储能方式之一，具有大量储能容量、长周期寿命、适用于各种类型负载的优点。锂离子电池储能系统因其较高的能量密度、长寿命和极佳的充放电效率，已经在许多微网系统中得到广泛应用。针对电力系统微网中电流大、反应时间短的特点，可以选择应用流电池或高温电池。锂电池具有分离能量存储与功率释放的能力，可以实现快速响应。高温电池对功率密度要求低、对能量密度要求高的应用环境更具优势。

超级电容器具有瞬时大功率输出、充放电循环寿命长、响应时间短的优势，比较适合对瞬时功率调节要求较高的负载供应。它能应对微网系统中的瞬间电压下降、峰值电流冲击等瞬态问题。通过为超级电容器配置相应的能量管理和控制系统，还可以实现微网整体功率的平滑调节和优化。

飞轮储能则表现出了无需维护、寿命长、可靠性高等显著特点。其主要以机械方式储存能量，并能在微秒级别内将储存的能量快速释放出来，特别适用于微网系统中瞬间大功率吸收和释放的场景，如并网稳压、频率调节等应用。

在选择和应用这些储能技术方案时，还应考虑到各自的限制条件和适用范围。例如，锂离子电池在大功率输出和高温下可能会导致电池性能降低，而且随着使用时间的增长，电池的充放电效率也会逐步降低；超级电容器的能量密度相对较低，需要较大的体积才能实现相应的储能需求；飞轮储能则需要精密的机械设备和复杂的控制系统，并且其储能能量受到旋转速度和飞轮质量的限制。

总体而言，电池储能、超级电容器和飞轮储能这三种技术各有特色，选择和应用时需要考虑微网系统的具体需求和条件。这三种技术也可以通过合理地配置和组合，互补优缺点，共同发挥在微网系统中的效能。通过技术的深度融合，可以实现电力系统微网的灵活调度、优化运行，保障微网的

稳定、可靠供电。

4.3 储能电器的匹配与配置优化方案

基于储能电器在电力系统微网中的应用需求和性能特点，需要对其进行精细化的匹配与配置。例如，若微网的主要负载为工业设备，则应考虑比较大容量的电池储能，以保证长时间的供电需求。若主负载为家庭用户或商业用户，考虑频繁的电量调度需求，小容量的电池储能配以飞轮储能或超级电容器将更为合适。储能电器的配置方案，还应考虑允许设备之间的协同工作，充分挖掘各种储能方式的优势，以提高整体系统的运行效率和稳定性。

在电力系统微网的设计中，储能电器的规划和配置是至关重要的一环。只有科学合理地进行选择，并根据实际应用需求进行优化配置，才能最大程度地发挥电力微网的优点，提高电能质量和电网的稳定性。

5 结语

本研究对储能电器在电力系统微网中的应用和性能进行了深入探讨，并构建了包含电池储能、超级电容器和飞轮储能等技术方案的应用模型。系统分析研究后，发现电池储能可有效地应对微网中的负载波动，提供长时间的功率平衡，而飞轮储能和超级电容器则在高功率短时内的出力调度方面表现出优势。更为重要的是，储能电器的应用不仅提高了电力系统的稳定性和可靠性，而且在应急情况下，能有效地提供电力，降低了电力系统对电网的依赖。然而，尽管储能技术在电力微网中的应用充满了希望，但也不能忽视它带来的一些挑战和可能的问题，比如储能设备的寿命、成本和效率，以及新型储能技术的研发等。对于这些问题，我们需要进一步地研究和探索。未来的研究可以从更小的基本单位入手，研究微型电网中的储能设备配置，并在此基础上推广到更广泛的电力系统中。总的来说，本研究的成果对于电力系统微网的规划和设计，以及优化储能电器的匹配和配置，都具有实际应用价值，希望对其他研究者继续深化此类研究提供启示。

参考文献

- [1] 齐坤.基于混合储能的船舶电力系统负载功率波动平抑控制策略研究[D].苏州:江苏科技大学,2021.
- [2] 齐坤,朱志宇.基于混合储能的船舶电力系统功率波动平抑控制策略[J].中国舰船研究,2021,16(4).
- [3] 杨知锦,魏颖.浅谈电力系统储能[J].数码世界,2018(5).