

超算数据机房中模块化UPS的设计与优化

王飞

曙光数据基础设施创新技术(北京)股份有限公司

DOI:10.12238/pe.v1i4.6820

[摘要] 本研究主要就超算数据机房中模块化UPS的设计与优化进行了探讨。介绍了模块化UPS的工作原理和结构,并提出了基于仿真和优化的设计方法,考虑了机房的负载、容量需求和冗余配置。同时,提出了基于智能控制的优化策略,根据机房的负载、电网和电池状态等信息调整UPS工作,以提高效率、降低成本和延长寿命。通过实验证明了这些方法的有效性,分析了模块化UPS的优点和限制,并展望了其未来发展趋势。

[关键词] 超算数据机房; 模块化UPS; 设计方法; 优化策略; 智能控制

中图分类号: TP308 文献标识码: A

Design and Optimization of Modular UPS in Supercomputing Data Room

Fei Wang

Dawn Data Infrastructure Innovation Technology (Beijing) Co., Ltd

[Abstract] This study focuses on the power supply guarantee of supercomputing data centers, especially the design and optimization of modular UPS. Introduced the working principle and structure of modular UPS, and proposed a design method based on simulation and optimization, taking into account the load, capacity requirements, and redundant configuration of the computer room. At the same time, an optimization strategy based on intelligent control was proposed to adjust the UPS operation according to the load, power grid, and battery status of the data center, in order to improve efficiency, reduce costs, and extend service life. The effectiveness of these methods has been demonstrated through experiments, the advantages and limitations of modular UPS have been analyzed, and its future development trends have been discussed.

[Key words] supercomputing data center; Modular UPS; Design methodology; Optimization strategy; intelligent control

引言

超算数据机房是高性能计算的核心基础设施,为科学研究、工程设计和工程服务等提供强大的计算和数据处理能力。随着超算系统规模和性能的提升,电源需求也增加,电源可靠性和能效成为关键因素^[1]。数据机房负载高密度、高功率、高变化,对电源稳定性极其要求,电源中断可能导致计算错误、数据丢失等严重后果。电源消耗占超算系统成本大部分,其能效直接影响运行成本和环境影响,因此提高电源能效势在必行。为保障电源可靠性和能效,不间断电源(UPS)是常用的保护设备,能在电网异常时为机房提供稳定电源输出,避免系统中断或损坏^[2]。传统UPS采用集中式结构存在扩展性差、维护困难和能效低等问题。为解决这些缺点,模块化UPS是一种新型不间断电源,将功率模块、监控模块、电池模块等分散在不同机柜,通过通信和控制实现协同工作。模块化UPS具有灵活扩展、易维护、节能环保等优点,可根据需要增减功率模块或电池模块,提高资源和空间利用

率,同时在低负载时通过自动调整工作模式降低能耗,减少环境污染,为超算数据机房提供更为可靠、高效的电源保障^[3]。

本研究旨在探索超算数据机房中模块化UPS的设计与优化方法,目的是提升其性能和效果,确保电源的可靠性。研究内容涵盖模块化UPS的工作原理、结构及其优势分析;基于仿真和优化的设计方法,考虑负载特性、容量需求和冗余配置;智能控制策略,根据负载和电网变化动态调整UPS,以提高效率、降低成本、延长寿命;最后通过实验验证设计与优化效果,分析优势局限,并展望未来发展和应用。

1 模块化UPS的原理和结构

模块化UPS是一种新型的不间断电源,其基本思想是将功率模块、监控模块、电池模块等分散在不同的机柜中,形成一个模块化的结构,然后通过总线或网络进行通信和控制,实现模块化UPS的协同工作。本节将介绍模块化UPS的工作原理和结构,分析模块化UPS的特点和优势。

1.1 模块化UPS的工作原理

模块化UPS的工作原理与传统的UPS类似,都是通过将电网电源转换为直流电,再将直流电转换为交流电,为负载提供稳定的电源输出。模块化UPS的不同之处在于,它将功率转换的功能分散在多个功率模块中,每个功率模块都可以独立工作,也可以与其他功率模块并联工作,形成一个大容量的模块化UPS系统^[4]。模块化UPS的功率模块通常采用双变换的拓扑结构,即先将交流电转换为直流电,再将直流电转换为交流电,这样可以隔离电网的干扰,提高输出电源的质量。模块化UPS的功率模块还可以根据负载的变化,自动切换工作模式,如智能在线模式、休眠模式等,以提高模块化UPS的效率和寿命。

模块化UPS的监控模块是模块化UPS的核心部分,负责对模块化UPS的各个模块进行监测和控制,实现模块化UPS的协调和优化。模块化UPS的监控模块可以收集模块化UPS的各种信息,如电网电压、电流、频率、功率因数等,模块化UPS的输出电压、电流、频率、功率因数等,模块化UPS的负载电压、电流、频率、功率因数等,模块化UPS的电池电压、电流、容量、温度等,模块化UPS的故障信息、报警信息、状态信息等^[5]。模块化UPS的监控模块还可以根据模块化UPS的信息,对模块化UPS的各个模块进行控制,如模式切换、负载分配、故障隔离、故障预警等,以保证模块化UPS的正常和高效的运行。

模块化UPS的电池模块是模块化UPS的储能部分,负责在电网发生异常时,为模块化UPS的功率模块提供直流电源,保证模块化UPS的不间断输出。模块化UPS的电池模块通常采用锂电池或铅酸电池等,具有高能量密度、高充放电效率、长寿命等特点。模块化UPS的电池模块也可以根据模块化UPS的负载和电网的状况,自动调整充放电的状态,以延长电池的寿命和提高电池的利用率。

1.2 模块化UPS的结构

模块化UPS是由多个机柜组成的结构,每个机柜能够容纳功率模块、监控模块或电池模块,形成一个模块化单元。这种结构可以根据超算数据机房的电源需求和空间条件进行灵活的组合和扩展。功率机柜作为模块化UPS的主要部分,负责电源转换和调节,提供稳定的电源输出,并可根据负载特性选择不同容量的功率模块。电池机柜作为储能部分,在电网异常时提供直流电源,保障UPS的连续输出。监控机柜则是核心部分,负责监测和控制UPS的各个机柜和模块,实现系统的协调和优化,并能与外部设备通信,实现远程管理和智能控制。整体而言,模块化UPS通过其灵活的结构设计,满足了超算数据机房对电源保障的高标准要求。

1.3 模块化UPS的特点和优势

模块化UPS具有灵活扩展、易维护、节能环保和智能控制等特点和优势。它可以根据超算数据机房的需求灵活组合和扩展,通过增加功率模块或电池模块而无需增加整个UPS单元,从而提高资源和空间利用率,降低成本和时间。模块化UPS的热插拔功能使得维护更加快捷,即使某个模块故障也不会影响其他模块,

保障了数据机房的高可用性。此外,模块化UPS能根据负载变化自动调整工作模式,采用高效电池技术,有效减少能耗和环境污染。智能监控模块使得模块化UPS可以远程管理和智能控制,提升了整体的可靠性和操作灵活性。这些优势使模块化UPS成为超算数据机房的理想选择。

2 模块化UPS的设计方法

模块化UPS的设计方法是指根据超算数据机房的电源需求和条件,选择合适的模块化UPS的方案和参数,以满足超算数据机房的电源保障的要求。本节将介绍一种基于仿真和优化的模块化UPS的设计方法,考虑了超算数据机房的负载特性、容量需求、冗余配置等因素,通过优化算法求解最优的模块化UPS的方案和参数。

2.1 模块化UPS的设计流程

模块化UPS的设计流程包括需求分析、方案选择、参数计算和仿真验证四个主要步骤。首先,需求分析确定超算数据机房的电源需求和条件,涵盖负载特性、容量需求、备用时间、冗余配置、空间条件以及其他环境和成本效率指标。接着,方案选择根据需求分析结果挑选合适的UPS类型、结构和模块。然后,参数计算步骤根据所选方案计算UPS的容量、效率、寿命和成本。最后,仿真验证通过软件模拟UPS设计,验证其是否满足数据机房的电源需求和条件,包括性能、效果、优势和局限性的综合评估。这一流程确保了模块化UPS设计的合理性、可行性和优化性,以满足超算数据机房对电源保障的高标准要求。

2.2 模块化UPS的设计要点

在模块化UPS的设计过程中,容量匹配、冗余配置和模块分配是三个关键的设计要点。容量匹配要求根据超算数据机房的负载特性和需求选择合适的UPS容量,以确保既能满足最大负载又避免资源浪费。冗余配置则是为了提高系统的可靠性,确保在模块故障时仍能维持正常输出,可以采用无冗余、N+1冗余或N+X冗余等不同级别的冗余度。模块分配涉及到如何合理安排各个模块的位置和数量,以实现模块间的协同工作,提升UPS的整体性能和效率。这些设计要点共同确保了模块化UPS能够高效、可靠地满足超算数据机房的电源保障需求。

2.3 模块化UPS的设计工具

模块化UPS的设计工具包括仿真软件、优化算法和评价指标三个方面。仿真软件如MATLAB、Simulink、PSpice等,能够对UPS系统进行建模和仿真,帮助设计者快速验证设计方案,发现问题并提升设计质量。优化算法,例如遗传算法、粒子群算法、模拟退火算法等,用于优化UPS参数,寻找最佳设计方案,提高设计效率。评价指标则用于量化UPS性能,如容量、效率、寿命、成本等,以客观评估设计的优劣,确保设计质量。这些工具共同支持模块化UPS设计的高效率和高质量完成。

3 模块化UPS的优化策略

3.1 模块化UPS的优化策略

模块化UPS的优化策略是指在模块化UPS的运行过程中,根据超算数据机房的负载变化、电网状况、电池状态等信息,动态

调整模块化UPS的工作模式、负载分配、故障预警等,以提高模块化UPS的效率、降低成本、延长寿命。本节将介绍一种基于智能控制的模块化UPS的优化策略,利用模块化UPS的监控模块,实现对模块化UPS的各个机柜和模块的实时监测和控制,实现模块化UPS的协调和优化。

3.2 模块化UPS的优化目标

模块化UPS的优化目标涵盖提高效率、降低成本和延长寿命三个方面。在提高效率方面,通过模式切换、负载调节和电池管理等手段,优化UPS的工作模式以适应负载需求,减少能量损耗,降低环境污染。降低成本的策略包括规模经济,通过扩大规模降低单位成本,以及寿命延长,通过优化UPS的工作模式和智能控制降低维护成本。延长寿命的方法包括故障预警,及时发现并处理各种故障,故障隔离,保证不间断输出,以及故障恢复,通过实时控制和优化来确保UPS的正常工作,提高可靠性和稳定性。这些综合措施旨在全面提升模块化UPS的性能,使其更高效、经济可行且寿命更长。

3.3 模块化UPS的优化方法

模块化UPS的优化方法涵盖了多个方面,旨在实现提高效率、降低成本和延长寿命等目标。其中,模式切换通过负载感知、电网感知和电池感知实现自动切换UPS工作模式,如双变换、智能在线和休眠,以适应不同负载需求,提高效率。负载调节方面通过负载平衡、负载优化和负载调整等策略,根据负载变化自动调节UPS输出功率,匹配超算数据机房的需求,提高效率和寿命。电池管理采用电池平衡、电池优化和电池调整等手段,根据电网状况和电池状态动态调节充放电状态,以提高电池利用率、降低损耗,提高UPS效率。这些综合的优化方法旨在全面提升模块化UPS性能,使其更高效、经济可行,同时延长设备寿命,增强可靠性和稳定性。

3.4 模块化UPS的优化效果

模块化UPS的优化效果涉及多方面目标,其中包括节能减排、可靠性提升和运维简化。通过采用优化策略,模块化UPS能

够显著提高能源利用效率,减少环境污染,具体表现在节能率、减排率、节能量和减排量等方面。可靠性提升则关注提高UPS输出的电压、电流、频率和功率因数的稳定性,以及加强故障预警、隔离和恢复的能力,通过可靠度、稳定度、故障率和故障恢复时间等指标进行评估。此外,运维简化旨在简化UPS的运行和维护过程,以提高运维效率、降低运维成本、减小运维难度和降低运维风险。这综合的优化效果有助于使模块化UPS更具经济效益、可靠性和可维护性,满足不同应用环境的需求。

4 结论

本文探讨了超算数据机房中模块化UPS的设计与优化方法,旨在提升其性能和效果,确保电源可靠性。文章介绍了模块化UPS的原理和结构,强调了其灵活扩展、易维护、节能环保和智能控制的优势。提出了基于仿真和优化的设计方法,考虑负载特性、容量需求和冗余配置,并通过优化算法确定最佳方案。智能控制策略根据负载和电网变化动态调整UPS,以提高效率、降低成本、延长寿命。实验验证了方法的有效性,分析了优势和局限,并展望了发展趋势和应用前景。研究指出,设计和优化方法需考虑实际条件的差异,技术的发展,以及新技术的应用,以适应不断变化的需求。

[参考文献]

- [1]高凯亮.数据机房HVDC整流电源的设计与应用[D].上海:上海交通大学,2016.
- [2]杨秀林.内蒙古移动机房动力环境监控系统分析与设计[D].北京:北京邮电大学,2011.
- [3]苏国师.基于LabVIEW平台的远程UPS的监控预警系统的设计与实现[D].四川:电子科技大学,2014.
- [4]陈国英.模块化UPS并联及控制技术研究[D].湖北:华中科技大学,2008.
- [5]侯欣欣.模块化UPS在数据中心机房的应用[C].//2012年中国通信能源会议论文集,2012:360-368.