

新型一体化电源系统在万卡智算中心的应用分析

Application Analysis of New Integrated Power Supply System in Intelligent Computing Center with Over 10 000 GPUs

田 军¹,刘军星²,李 宁³,姜晓君²(1. 中国联通滨州分公司,山东 滨州 256600;2. 中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048;3. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033)

Tian Jun¹,Liu Junxing²,Li Ning³,Jiang Xiaojun²(1. China Unicom Binzhou Branch,Binzhou 256600,China;2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd.,Beijing 100048,China;3. China United Network Communications Group Co.,Ltd.,Beijing 100033,China)

摘 要:

智算中心对电源要求极高,而传统电源系统存在能效低、维护复杂、占用空间大等问题。新型一体化电源系统作为一种集成了多种电力设备于一体的电源解决方案,凭借其在系统集成性、稳定性和安全性方面的优势,能够满足智算中心中的电源需求。探讨了新型一体化电源系统在智算中心的应用前景,通过理论与案例分析研究,评估其在提高能源利用效率、简化运维流程、优化空间布局等方面的优势。

Abstract:

The intelligent computing center has extremely high requirements for power supply, while traditional power supply systems have problems such as low energy efficiency, complex maintenance, and large space occupation. As a power supply solution integrating many kinds of power equipment, the new integrated power supply system can meet the power needs of intelligent computing centers because of its advantages in system integration, stability and security. It explores the application prospect of the new integrated power supply system in the intelligent computing center, and evaluates its advantages in improving energy efficiency, simplifying operation and maintenance processes, and optimizing spatial layout through theoretical analysis and case studies.

Keywords:

Intelligent computing center ; New integrated power supply system ; Green development ; Power supply system

关键词:

智算中心;新型一体化电源;绿色发展;电源系统

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2024.10.005

文章编号:1007-3043(2024)10-0023-04

中图分类号:E968

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



引用格式:田军,刘军星,李宁,等. 新型一体化电源系统在万卡智算中心的应用分析[J]. 邮电设计技术,2024(10):23-26.

0 前言

随着数字化转型的深入推进,智算中心的规模持续增大,其重要性日益增加。作为新一代数据中心的典型代表,智算中心不仅要求高算力、低延迟,还高度重视能源效率和智能化管理水平^[1]。然而,传统电源系统存在独立配置、分散管理、维护复杂、成本较高等诸多不足,难以满足智算中心对电源系统的高标准要求。因此,新型高效的一体化电源系统成为提升智算中心性能的关键因素。该系统通过集成多种能源供

应方式,实现了资源的高效利用和管理,为智算中心的供电提供了新的解决方案。

新型一体化电源系统集成电源转换、监控和管理等功能于一体,通过智能化技术,能够显著提升能源效率,降低运维成本。该系统通过取消传统系统架构间大量电缆连接,不仅节约了大量材料和空间占用,还降低了碳排放,成为智算中心电源系统升级的重要方向。

1 万卡智算中心电力需求特点

智算中心的电力成本在运营成本中占据了很大的比例。以昇腾 910B 组成的集群为例,一个一万卡

收稿日期:2024-09-02

GPU 集群的额定功率约为 9 800 kW,年耗电量约为 8 585 万 kWh,电费成本约为 6 010 万元(假设电价为 0.7 元/kWh)。随着需求的不断增加,这一成本将进一步上升。

智算中心还面临稳定的电力供应、控制电力成本和减少碳足迹之间的矛盾,需要在设计和运营过程中找到平衡点^[2]。为了实现这一目标,采用高效的能源管理和优化方案变得至关重要,这些方案可降低能耗、提高能效,并能够实现远程监控和智能管理,从而提高系统的响应速度和维护效率。

因智算设备具有高能耗、高密度等特点,智算机房需要具备高效制冷、弹性扩展、敏捷部署、绿色低碳等特征,并实现智能化运维管理。

随着智算中心的快速建设,GPU 功率持续提升,单个智算中心的规模不断增大,这导致庞大的电力需求,使得节能减碳成为急需解决的问题。为此,国家发改委等部门联合印发的降碳低碳专项文件将数据中心(包括智算中心)列为新的重点用能行业^[3]。

因此,智算中心的高功耗、高散热要求以及云计算业务的不间断性和协同性等,对供电系统配置提出了更高的要求。

2 新型一体化电源系统架构与设计

在建设万卡智算中心时,需要考虑电源系统在集成性、稳定性、可靠保护机制以及对智算中心整体安全策略方面的影响。新型一体化电源系统具有集成度高和智能化的特点,不仅提升了系统的性能和可靠性,还缩短了工程交付周期,实现快速部署的目标。此外,该系统也应用绿色能源技术,有助于实现低碳乃至零碳算力和可持续发展。

新型一体化电源系统采用模块化集成架构,将中压模组、变压模组、SVG+APF 模组、UPS 不间断电源、高压直流(HVDC)、馈电模组等模块进行一体式布局和安装,配置集中监控,形成了一套集约高效、智能化的预制式成套电力设备。

在智算中心建设中,一体化电源系统需采用高密度集成设计,以应对高功率需求和散热问题^[4-5]。在追求技术创新与性能优化的同时,电源系统的容错性和可靠性同样不容忽视。因此,一体化电源系统需要具备冗余配置、智能监控和快速故障切换的技术策略,以应对智算中心的各种突发情况。新型一体化电源系统模型如图 1 所示。



图 1 新型一体化电源系统模型

随着电力电子技术、储能技术、智能控制技术的快速发展,一体化电源系统的技术成熟度显著提升。未来,随着市场对高效、智能、绿色电源系统需求的持续增长,一体化电源系统市场将迎来更广阔的发展空间。

3 新型一体化电源系统在智算中心的优势

3.1 优化供电架构,提升空间利用率

一体化电源系统通过模块化设计,减少供电级数,缩短供电链路,面对智算中心高密机柜的需求,电力系统也需要提升功率密度,增加空间利用率。图 2 所示为传统配电系统布局 and 一体化电源系统布局比较。

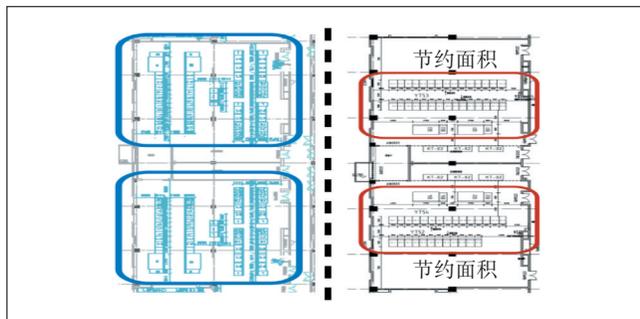


图 2 传统配电系统布局(左)和一体化电源系统布局(右)

相较于传统配电系统布局,新型一体化电源系统减少了传统供电系统中的转换环节,从而缩短供电链路。这不仅减少了电能损耗,还提高了系统的整体效率和响应速度。模块化的设计允许在有限的空间内集成更多功能,从而提升电力系统的功率密度。这对于智算中心而言尤为重要,因为高密度机柜对电力系统的功率密度提出了更高要求。此外,模块化设计减少了设备的物理尺寸,且支持垂直和水平的灵活布局,使得电力系统能够更有效地利用智算中心有限的空间资源,为其他关键设施腾出宝贵的空间。

3.2 预制化封装,母排内置,缩短工期

柜体间及柜内全部采用预制母排连接,优化母排

布线,避免了传统配电柜电缆连接引起的电缆上下翻折、走线架布线及多根电缆集中布线造成的热效应问题。同时,母排使用“鱼形排”插接技术,方便拆装维护(见图3)。

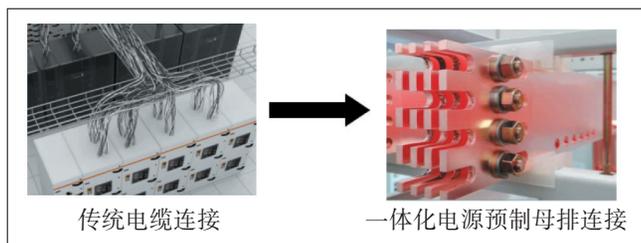


图3 母排连接及柜体工艺优化

预制化生产方式缩短了设备的现场施工周期,将传统配电设备的安装调试周期从15天缩减至5天,推动了智算中心的快速建设与部署。

3.3 智能运维与管理

通过一体化电源监控与二次布线插接,集中监控系统中可具备全系统电参数采集和计算预置能力,实现能耗数字化管理、配电系统图、告警管理、选择性保护校验、关键点温度测量、故障录波、运维知识库、健康度评估等功能。它能够实时监控和判断各类型设备的电参数和告警信息,并将这些数据上传至集中监控平台。

其中,设备健康度评估功能,可以从系统级(维护情况、报警消缺、运行模式、功能指标)、设备级(设备资产信息、负荷率、低压断路器磨损率、电能质量、选择性保护校验)和部件级(母排温度、蓄电池状态)等多个维度分析设备的运行情况,帮助用户运维检修,保障设备健康运行。

3.4 短路稳定性验证和上下级选择性保护

在智算中心供电安全及可靠性方面,新型一体化电源系统重视短路稳定性安全验证分析和上下级选择性保护^[5]。中国联通自主研发的一体化电源设备在出厂前均使用ETAP仿真计算软件进行短路计算,并完成了上下游断路器的继电保护配合,使得设备无论是在UPS主回路、静态旁路还是维修旁路运行状态下,均能够实现上下游保护,完成选择性匹配。

为了确保新型一体化电源在不同运行状态下的系统安全性,通常在设计时进行短路阻抗和短路情况计算。根据《电力工程电气设计手册》中的短路动稳定校验计算方法,对导体短路时产生的机械应力进行计算。通过合理的设计和预制化实现手段,可以确保

供电系统的连续性和可靠性,从而提高整体的安全性和效率。这对于智算中心等关键场景尤为重要,因为这些场景对供电系统的稳定性和可靠性有着极高的要求。

4 新型一体化电源系统在万卡智算中心的实施

智算中心规模大,智算服务器设备数量多。这些设备中既包含智算设备和通算设备。智算设备单设备功率较大,主要包含智算服务器和智算网络设备;通算设备主要包含云平台使用的服务器、通算网络设备、安全设备等。

以昇腾910B组成的万卡规模为例,表1详细列出了智算部分与通算部分所需的负荷。

表1 智算部分及通算部分所需的负荷

类型	规模	功率(通算部分)/kW	功率(智算部分)/kW	总功率/kW
昇腾	万卡	1 676.8	8 127.1	9 803.9

通算设备主要包括云平台(包含云底座、计算节点、存储节点)、温存储、网络设备和安全设备,智算设备主要包括智算服务器、热存储和智算网络。随着智算设备机柜功率的提高,配电开关和线缆规格也相应地提高。因此,在布置电源系统时,需要根据智算设备的特点选择更加合理的空间,以优化供电路径,减少线缆损耗,从而降低建设成本。

如图4所示,传统的电力室通常会布置在数据机房的一侧,且2个电力室互为主备。在智算机房中,因用电量增加,电力设备数量和占用空间也随之增加,这导致传统的单侧布置方式的输出线缆增多,使路由规划面临挑战。因此,智算机房的布局可采用在机房两侧布置电力室的形式。

以某智算中心的建设项目为例,该中心在标准层将电力室布置于智算机房的两侧,互为主备的2个电力室供电路由不交叉,从而降低了路由规划的难度。此外,项目采用新型一体化电源系统,减少了电力室的占地面积,有助于智算中心在平面布局上达到最佳

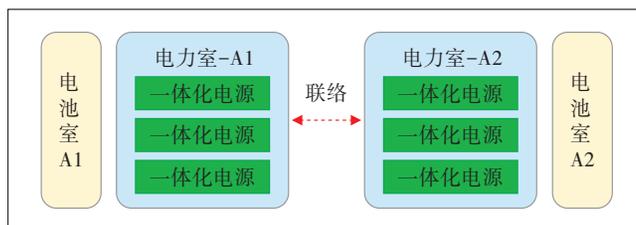


图4 传统通算机房电力室布置

的功率利用率和空间利用率,同时也有利于不同功率的机柜与不同类型的安装设备组合配比。智算机房电力室布置如图5所示。

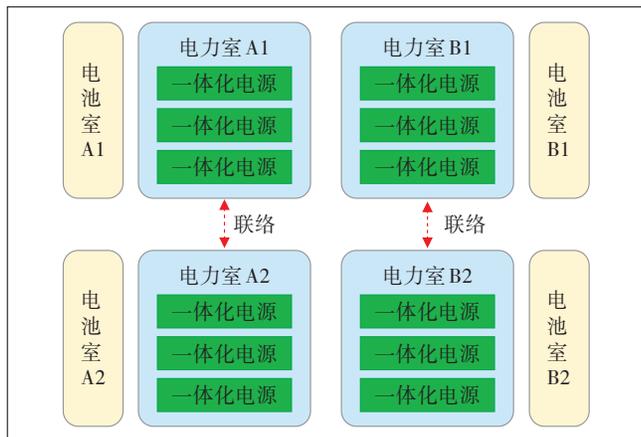


图5 智算机房电力室布置

在电力室向智算机房供电的过程中,采用了智能小母线技术取代传统列头柜的方式,为机柜提供电力。这使得安装部署非常快速,通常部署时间为10~15天,而传统列头柜加线缆模式的典型工期为40~50天,且工序繁琐。此外,智能小母线采用模块化设计,能够提升空间利用率,使智算机房的布局更加紧凑高效。机房智能小母线插接箱布置如图6所示。



图6 机房智能小母线插接箱布置

5 新型一体化电源系统的展望和建议

新型一体化电源系统的设计理念是增强电源的通用性、可靠性、智能性和高效性。然而,在智算中心的实际应用中,该系统也面临一系列挑战。首先是系统的复杂性,其集成了多种技术和功能,这对运维人员的技术水平要求较高,需要对他们进行专门的培训。其次是系统的稳定性和安全性也是必须考量的

因素,由于智算中心对电力供应的依赖性极高,任何电源系统的故障都可能导致严重的后果。

为了应对这些挑战,可以采取一系列措施。首先,建立标准化的组态模型和开放式的接口,以提升设备之间的兼容性和互操作性,从而简化系统的管理和维护工作。其次,通过优化设计与采用先进的设备和技术来降低系统的能耗,进而提高环保性能。总之,通过采取有效的措施和技术策略,可以推动新型一体化电源在智算中心的成功应用。

万卡智算中心的建设不仅是技术发展的需求,也是国家战略布局的重要组成部分,对于促进社会经济发展、提升国家竞争力具有重要意义。在智算中心的建设和运营中,新型一体化电源系统凭借其集成化与智能化特性,成为了提升能源效率与系统稳定性的关键。它通过将UPS、配电系统、监控系统等组件进行一体化设计,不仅极大地节省了空间,还通过智能管理平台实现了电力状态的实时监控与自动调整,有效保障了电力供应的连续性和可靠性,助力智算中心实现绿色低碳目标。

新型一体化电源系统的灵活扩展能力和冗余设计,不仅满足了智算中心随业务增长的电力需求。同时,该系统还通过安全防护机制确保在电力危机时,能够迅速作出响应。通过降低运维成本、提高能源利用效率,以及避免业务中断带来的损失,一体化电源系统在长期运营中展现出显著的成本效益,是智算中心高效、安全运行的坚实后盾。

参考文献:

- [1] 程旭. 基于云计算时代的数据中心建设与发展[J]. 通讯世界, 2017(24):130.
- [2] 孙杰贤. 《智能计算中心规划建设指南》解读[J]. 中国信息化, 2020(12):17-18.
- [3] 王恩东. 智算中心成为新基建的基本条件与智慧时代动力源[J]. 中国工业和信息化, 2020(4):44-50.
- [4] 黄彬,王洪,王和,等. 新一代智能模块化电力电源系统的应用与研究[J]. 供用电, 2017, 34(10):88-92.
- [5] 杨瑛洁,何健,闫健,等. 新型一体化电源设备创新技术应用研究[J]. 邮电设计技术, 2023(12):12-15.

作者简介:

田军,高级工程师,硕士,主要从事双碳节能、基础设施、算力等专业研究与建设管理工作;刘军星,工程师,学士,获得美国PMP认证资格,主要从事数据中心电源相关技术研究及标准制定工作;李宁,高级工程师,硕士,主要从事信息通信基础设施业务网络规划工作;姜晓君,高级工程师,硕士,主要从事通信电源、电气工程相关咨询设计工作。