

关于数据中心电气系统节能设计的相关研究

路源

深圳市腾讯计算机系统有限公司 广东深圳

【摘要】数据中心的建设具有专业性和复杂性的特点，只有保证数据中心的安全稳定运行，才能加快信息传输和处理的效率，满足系统和设备的运行要求。其中，电气系统是数据中心的重要组成部分，需要对电气系统进行优化，以提高数据中心的运行效率。特别是要做好节能设计工作，解决以往工作中的高能耗问题，防止资源的浪费。本文将介绍数据中心电气系统节能设计的内容，并探讨数据中心电气系统节能设计的策略。

【关键词】数据中心；电气系统；节能设计

Research on Energy-saving Design of Electrical System in Data Center

Yuan Lu

Shenzhen Tencent Computer Systems Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, China

【Abstract】Data center construction has the characteristics of professionalism and complexity. Only by ensuring the safe and stable operation of the data center can the efficiency of information transmission and processing be accelerated and the operation requirements of systems and equipments can be met. Among them, the electrical system is an important part of the data center, and the electrical system should be optimized to improve the operating efficiency of the data center. In particular, it is necessary to do a good job of energy-saving design, solve the problem of high energy consumption in the past work, and prevent the waste of resources. This article will introduce the content of the energy-saving design of the electrical system of the data center, and explore the strategies of the energy-saving design of the electrical system of the data center.

【Keywords】data center; electrical system; energy-saving design

进入到数字化时代以来，我国社会发展速度逐渐加快，多种先进科学技术的诞生，为社会改革注入了强劲的动力。数据中心是以互联网为依托的信息传递、计算和存储平台，除了依靠强大的计算机系统外，还要设置相应的配套设备，满足数据中心的高效化运行需求。电气系统的运行状况，会对整个数据中心的工作情况产生直接影响，随着各类电气设备的逐渐增多，对于电气系统的性能提出了更高的要求，除了要承载较大的电力负荷外，还要合理控制系统能耗，降低电能消耗，创造良好的经济效益。电气系统节能设计工作的难度较大，会受到环境因素、技术因素等影响，传统设计方法呈现出一定的局限性，应该在实践中加以逐步创新和改进，

以提高整体节能效益。

1 数据中心电气系统节能设计概述

以容错系统为依据，强化数据中心电气系统节能效果，以便能够在出现故障问题后及时控制，防止对数据中心的正常工作造成影响。不间断电源系统设计也是节能设计中的基本内容，应该保持 2N 的数量设计，满足设备运行需求。不间断工作时间应该在 15min 以上，满足检修和恢复工作需求^[1]。电气系统设计应该严格遵循国家和行业相关标准要求，在提供信息存储和整合服务的同时，要落实环保理念。此外，还要明确后期改造升级要求，保障系统的可扩展性及灵活性。

2 数据中心电气系统节能设计的策略

2.1 明确供电思路

在数据中心供电当中，应该兼容集中/分布式供电，兼容 2N/DR 等供电模式，提升电力用功率。根据实际情况制定完善的兼容集中/分布式供电方案，布局兼容火车头 HVDC/UPS/分布式 HVDC 方案^[2]。通过拆分设计的方式，解决电力集成过重的问题，为安装施工提供便捷。在编制兼容 2N/DR 方案时，应该明确各类技术架构的特点及运行要求。此外，还应该考虑到电气系统中的供电损耗问题和负荷率要求，确保能够在 DR 高负荷率中保持变压器的良好运行状态防止造成严重的损耗问题对当前 10KV 回路供电容量进行有效拓展，采用 DR 方案时，单个变压器增加 17%~25%的带载率。根据厂房的实际需求对变压器的负载率加以合理设置，同时充分发挥 10kV 母线联络的作用，防止在运行逻辑方面造成较大的困扰。近年来，资源能源紧缺问题对社会发展形成限制，因此在数据中心建设中往往采用集

中式供电模式，这也是电气系统节能设计中的关键点。合理安排电池的分布结构，满足 IT 机房送风升温的要求。从实际情况出发，对备用电源系统进行合理设计，不仅要控制整体投资，还要为后期维护工作提供便捷。在使用储能电池的同时，也要发挥 HVDC/UPS 电池的作用，不仅能够使设备的成本投入得到控制，而且在供电中更加安全可靠^[3]。在编制储能方案时，应该重点关注蓄冷储能和电池储能等。为了保障良好的供电效果，在设计工作当中还要提高新能源利用率，比如光伏发电、风力发电等。

数据中心园区根据自身条件和园区周边条件，可通过优化整合本地电源侧、电网侧、负荷侧资源，以先进技术突破和体制机制创新为支撑，探索构建源网荷储深度融合的新型电力系统发展路径；利用存量常规电源，合理配置储能，统筹各类电源规划、设计、建设、运营，优先发展新能源^[4]。

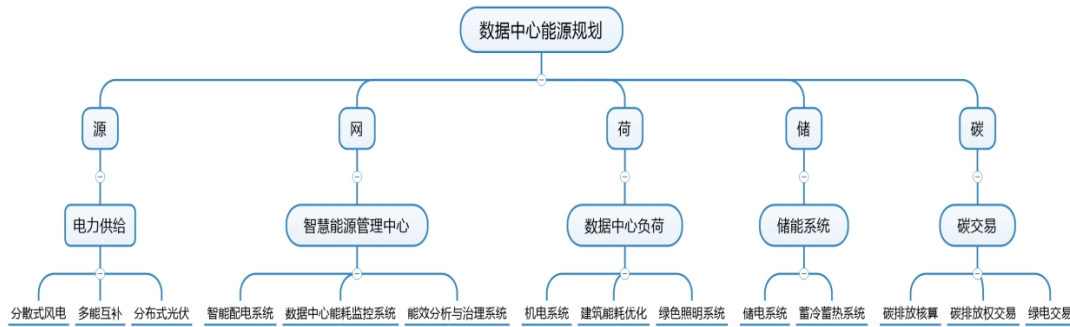


图 1 数据中心源网荷储一体化规划建设图

2.2 开展双碳工作

在碳中和与碳达峰背景下，应该积极优化双碳工作模式，以实现对数据中心资源消耗量的有效控制，起到能耗的节能减排效果。加强低 PUE 和低 WUE 设计，能够有效控制系统及设备的能耗问题，根据数据中心的实际工作需求确定合理的 PUE 和能耗方案，采取有效的液冷措施，在保障绿色化生产的前提下提高运行效率。在建筑设计中应该落实碳中和与碳达峰的要求，降低碳排放量。积极构建完善的水循环系统，同时结合园区绿化改善建筑的运行条件，降低建筑能耗，为电气系统的运行创造可靠保障。

用施工资源。同时，BIM 技术可以在施工方案有变动时，及时调整施工进度，充分考虑到实际情况，防止浪费资源^[5]。实现绿色施工，低碳环保。

在系统建设运行过程中，应该尽可能使用低碳材料和环保材料，减少生产过程中的碳排放量^[6]。积极引入低碳排放、碳回收等手段，真正达到低碳运行的要求。通过自建可再生能源电力、绿色电力交易、认购可再生能源绿色电力证书等方式，逐年提高可再生能源利用比例，最终达到 100%可再生能源。

在系统建设中，运用 BIM 手段，优化施工现场，通过 BIM 平台数据，可以快速又准确地计算出一个特定时间段的实际工程量，准确安排资源，平衡使

2.3 照明系统设计

机房照明系统的节能设计，对于数据中心的运行效果也会产生重要影响，应该对数据中心的运行特点进行评估，为初期设计提供可靠参考依据。采用分期建设的方式，不仅能够控制成本投入，而且

可以保障电气系统运行的灵活性，防止对数据中心各项工作造成限制。设计人员应该对《电子信息系统机房设计规范》中的相关内容进行仔细阅读，合理控制机房的照度。依据照明均匀度，统一眩光值，光色，照明功率密度值(LPD), 能效指标等相关标准值，保障照明系统能够与其他子系统保持协同。辅助区域和信息化机房的照度要求有所差异，分别为 300lx 和 500lx。双管格栅 LED 灯管在机房照明系统中得到广泛应用，额定亮度在 500lx 以上，还要保障配电室的照度在 300lx 以上。借助于 EPS 配电系统满足应急照明的需求，合理布置平面结构，以确保数据中心及人员的安全性。应急出口指示灯也是照明系统中的关键部分，延时时间应该在 90min 以上^[7]。绿色低损耗节能灯在实践中的应用较多，此外还要结合智能灯光控制系统对其予以全面改进，增强数据中心照明系统的智能化及自动化控制效果，避免造成不必要的电能浪费，在有人和无人情况下能够实现高效切换。

2.4 引入先进技术

高效模块化 UPS 技术在电气系统节能设计中的应用，真正满足了弹性化设计的要求，可以在控制投资成本的同时，满足后期扩容需求，因此应该合理预留低压配电系统的空间。明确 IT 设备的规格、功率和不同负载率的温差进行针对性设计，提升电气系统的美观性。该技术的运用，使得空调和 IT 设

备机柜等集成化程度上升，满足了机柜的制冷、供电和监控需求。在应用高效模块化 UPS 技术时，有效降低了电气系统的占地面积，因此可以在有限的场地内配备更多的机柜，电能利用率得到有效改善，增强系统运行灵活性^[8]。

中压 UPS 技术在电气系统节能设计中的应用，可提高系统的可靠性，降低关键电力设施的建设和运营成本。中压型 UPS 能够提高接近负荷中心的电压等级，减少低压配电环节，降低能耗。中压 UPS 除了调节和过滤电源不平衡等任何公共电网的扰动（防止电压骤降、骤升、尖峰和电源中断来解决关键的电能质量问题），同时可兼容各种各样的储能装置，具体取决于所需的保护时间。超级电容器和飞轮可在几秒钟内提供高密度保护，而电池可以达到长达 15 分钟的备用时间。

高效 240V 高压直流供电技术在节能设计中的应用效果也非常好，主要由整流模块、交流模块和直流配电模块等组成。该技术在电气系统中的融合应用，能够，改善电流稳定性和配电质量。

此外，预制化集成电源方案是利用将传统电源方案中低压配电系统，变压器，UPS/HVDC 和智能电力监控管理系统等进行整合，形成一站式电源模块解决方案。交付简化，工厂预制联调，现场部署，高集成度，占地面积减小 30%；智慧可靠，全链路可视化 AI 智能管理，安全可靠。

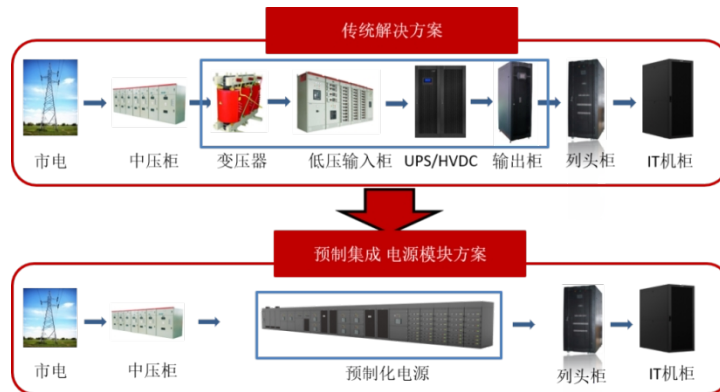


图 2 UPS 和 HVDC 两种预制化电源解决方案示意图

AI 与数据中心的结合，带来了诸多优势。通过关键节点温度 AI 的预测，零件寿命的 AI 预测等，自动调节负载功率，解决空调传统节能手段渐渐无法满足数据中心节能要求，AI 恰恰可以提供新的方向。AI 技术应用于变频压缩机、变频氟泵、间接蒸发冷却等设备的精确控制，通过软硬件深度耦合，

降低机房空调总体平均功耗，达到节能目的。

3 数据中心电气系统节能设计的措施

3.1 节能设备的选择

电气系统选择国家认证机构确认的节能型设备，通过负荷计算选用正确的装机容量，减少设备本身的能源消耗，提高系统整体效率。根据电源允许中

断时间,合理选择应急电源,以免在电能和经济方面造成浪费。例如,柴油发电机组做并机系统较大时,应采用 10KV 柴油发电机组。

3.2 节能变压器的选择

选择节能型低损耗高效率干式电力变压器,变压器的选用满足《三相配电变压器能效限定值及能效等级》(GB20052-2020)中规定的 1 级能效或更高的要求。

3.3 变压器负载率

设计负荷计算注意计算系数、设备容量换算,负荷率取值结合本项目负荷等级特点在 60%~80%之间合理选择,避免变压器设计选型过大,从而通过合理选型尽量避免运行阶段实际负载率出现长期低于 30%的情况。运行阶段的日均负载率应达到 30%以上,每台变压器宜尽量在经济运行区间内运行。

3.4 变配室的设置

变配电室设置于靠近负荷中心处,以减少低压侧配电线路长度,降低压降并减少配电线路电能损耗。例如,列头柜至 PDU 的线缆规格较小,线路损耗较大,可考虑加大截面积,减小线缆传输损耗;或采用小母线方式,工厂预制,现场拼接,快速部署,可有效降低传输损耗。

高压变配电室采用放射式的接线方式。采用低压集中补偿方式,整个电力系统设置自动补偿装置,确保整个配电系统高压侧之功率因数在任何时间不少于 0.95。

3.5 谐波治理

低压配电系统中动力配电系统的主干线的谐波骚扰强度要达到地方标准《公共建筑电磁兼容设计规范》中规定的标准,同时用电设备的谐波极限要满足该规范中的有关标准。并结合低压电容补偿进行谐波治理。

3.6 用电负荷分配

单相负荷(如照明、动力等)多时,设计时要选择合理的配电形式,并尽量使运行时的三相负荷平衡,以减少变压器及线路的零序损耗。

3.7 动力设备节能选择

涉及的水泵、风机、冷水主机等动力设备,应尽量选用一级能效设备,运行控制采用变频自动运行,设置设备监控,保证设备最佳运行状态,提高运行效率,节约能源。

结语

电气系统的节能设计,是未来数据中心建设及发展的主要方向,有利于控制系统和设备的运行能耗,落实绿色化生产的理念要求,创造良好的生态效益及经济效益。在设计工作当中,应该通过明确供电思路、开展双碳工作、照明系统设计和引入先进技术等途径,构建完善的设计方案及规划,以确保电气系统的运行性能达到数据中心的运行需求。

参考文献

- [1] 何晓燕,印骏.上海市数据中心节能评估体系研究[J].智能建筑,2020(08):55-57.
- [2] 孟强,吴天昊,赵东亚.大型数据中心灾后排风系统电气设计探讨[J].建筑电气,2020,39(07):43-48.
- [3] 李本强,刘红.《数据中心基础设施运行维护标准》(GB/T 51314—2018)解读[J].建筑技艺,2019(10):14-17.
- [4] 国家发展改革委、国家能源局发布《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》. 2021 年 3 月 1 日
- [5] 刘占省,赵雪锋.BIM 技术与施工项目管理[D].北京:中国电力出版社,2015
- [6] 付晓翠.绿色节能数据中心的建设研究[J].河北北方学院学报(自然科学版),2019,35(09):60-64.
- [7] 沈洪流.数据中心天然气分布式能源系统供电方案设计[J].浙江电力,2018,37(10):14-18.
- [8] 潘健,陈运瑶,陈国庆,刘宇.绿色数据中心节能设计[J].信息技术与标准化,2018(10):22-26.

收稿日期: 2022 年 9 月 14 日

出刊日期: 2022 年 10 月 25 日

引用本文: 路源, 关于数据中心电气系统节能设计的相关研究[J]. 电气工程与自动化, 2022, 1(3): 22-25
DOI: 10.12208/j.jeea.20220025

检索信息: RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网(CNKI Scholar)、万方数据(WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS