

全国一体化背景下的数据中心配电架构研究与分析

胡鹏涛¹, 齐刚¹, 李明², 张志钰¹, 巩国栋¹

(1. 广东南方电信规划咨询设计院有限公司, 广东 深圳 518045;

2. 中国移动通信集团甘肃有限公司, 甘肃 兰州 730070)

摘要 在全国一体化背景下, 数据中心的建设正在高速发展, 配电系统作为数据中心的重要组成部分, 其安全、稳定、可靠性决定了数据中心的可持续性和业务连续性, 积极探索数据中心配电架构的优化, 探索对新型配电设备的应用, 是数据中心可持续发展所必须面临的, 本文围绕数据中心及其配电系统的构成、数据中心配电系统的研究方向进行详细阐述与研究, 在数据中心的配电系统中, 高效节能的配电设备是数据中心向着低碳方向发展的必由之路, 同时, 本文总结了数据中心配电系统规划设计经验, 展望了数据中心未来发展方向, 旨在对于推动数据中心产业高效、节能、低碳、可持续发展有借鉴意义。

关键词 数据中心; 配电系统; 低碳

中图分类号: TM72

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)10-0076-03

1 概述

随着国家“东数西算”战略目标的提出, 数据中心(Data Center, DC)迎来了高速发展。DC产业链发展迎来了黄金期, 取得了长足的进步, 与此同时, 数据中心发展所带来的超高能源消耗引起了全社会的关注, 加之我国实现“双碳”战略目标, 因此建设节能、绿色、高效、低碳的DC是产业发展必须解决的问题。

针对我国快速发展的DC产业, 工信部相关文件明确指出: 对我国新建大型和超大型DC的电能利用效率(PUE)做出了相关要求, 对于新建大型及以上数据中心PUE值低于1.4, 同时在《“十四五”信息通信行业发展规划》中提出, 至2025年底, 新建大型及以上数据中心PUE值要下降到1.3以下^[1]。

数据中心作为一个综合性建筑物, 其低碳化发展受到了全行业的关注, 近年来, 围绕数据中心低碳建设, 相关的技术层出不穷, 如新建筑技术及建筑材料, 场地内海绵城市设计, 导光管与智能照明系统、冰蓄冷+常规水冷、废水的再生综合利用、装配式建筑、直流配电系统、使用具有明确碳排放因子的建材, 以上技术的发展与成熟给数据中心的低碳化发展创造了技术条件。

2 数据中心及其配电系统的构成

根据其设备的构成, DC主要由IT系统、配电系统、制冷系统、其他系统组成, 而配电系统是限制DC发展的重要因素, 配电系统主要为保障DC正常运行能源转

换基础设备, 其构成主要为市电引入、高压配电、低压配电、通信电源、机架配电、油机配电等^[2]。各系统主要功能如下:

1. 市电引入: 自电网或变电站为数据中心引入10kV市电, 是数据中心可靠运行的能量源泉, 其可靠性与稳定性对于数据中心至关重要。

2. 高压配电系统: 主要由进线柜、出线柜、联络柜等组成, 完成10kV市电的能量分配, 满足后端变压器接入需要, 作为电网与数据中兴供配电系统的“中介”。

3. 低压配电系统: 主要由变压器、进线柜、市电油机切换柜、电容补偿柜、馈线柜及联络柜组成, 后端接入各类负载, 如IT负载、空调负载及其他负载等。

4. 通信电源系统: 主要进行电能净化, 通过蓄电池组保证通信设备不间断供电, 常见的有-48V开关电源系统、UPS系统、高压直流系统等。

5. 机架配电系统: 主要配置在IT机房, 用于机房内部机架配电, 如交直流列头柜或配电箱。

6. 油机配电系统: 主要为数据中心提供保障, 确保在市电停电的情况下数据中心能够持续运行, 按照电压等级分为高压油机和低压油机。

3 数据中心配电架构研究

3.1 合理选择供电模式、避免过渡冗余

随着数据中心的快速发展, 数据中心的配电结构根据不同的业务等级, 有着不同的供电模式, 以行业

主流发展为例,主要有以下集中冗余供电模式:

3.1.1 2N 供电模式

2N 供电模式下,配电系统由两套配电单元构成,互为备份运行,两个配电单元同时运行,每一个配电单元均能满足所有负载的供电要求。正常运行时,每个配电单元向后端负载提供 50% 的容量,当其中一个配电单元发生故障,停止运行时,另一个配电单元向负载提供 100% 的容量^[3]。

3.1.2 DR 供电模式

DR 供电模式下,配电系统由多个(一般为 3 个及以上)配置相同的配电单元组成,多个单元同时运行,将负载均分为多组,每个配电单元为相对应的负载进行供电,形成“交叉”供电方式,以 3 个配电单元组成的 DR 供电模式,正常运行时,每个配电单元的负载率为 66.67%,当其中一个配电单元发生故障时,另外 2 个配电单元承担全部负载^[4]。

3.1.3 RR 供电模式

RR 供电模式下,配电系统由多个配电单元组成,其中备用电源由其中一个配电单元承担,当任意一个配电单元发生故障时,通过自动切换单元,由备用配电单元承担其全部负载。

在可用性、建设成本、运行成本、系统架构、实现物理隔离、运维难度等方面,上述几种供电模式各有利弊,在实际建设过程中,要因地制宜地确定供电模式,以满足其可靠性和经济性。

3.2 探索新技术、提升利用率

3.2.1 高压直流(High Voltage Direct Current, HVDC)系统

高压直流系统集合了-48V 开关系统和不间断电源系统的优点,在节能、可靠性高、节约空间等方面技术优势明显。

1. 节能:与 UPS 系统相比,高压直流系统的转换环节更少,转换效率更高,能源利用率更高。

2. 可靠性高:相比传统的不间断电源系统,高压直流系统配套的蓄电池与系统输出母线并接,系统供电的可靠性更高。

3. 节约空间:由于高压直流系统的集约化程度更高,系统可靠性更强,因此相对于传统的不间断电源系统,其系统备份更为简洁,在空间占用、场地使用方面优势更为明显。

3.2.2 一体化电力模块

一体化电力模块主要由变压器、进线开关、母联开关、SVG(static var generator)和 APF(active power filter)补偿模块、UPS 主机、维修旁路开关、馈线开

关组成,相对于传统方案,由于减少了能源转换的环节,减少了传递链路的长度,有色金属消耗显著降低,系统效率提升明显,在 UPS 主机双变换与智能工作模式下,系统效率提升 1%~3%,利于降低数据中心 PUE,节能降耗效益明显,对于大型数据中心来说,除了提升能源利用效率外,将进一步推动数据中心模块化、集约化管理,数据中心的功能单元布局将更加合理、更加规范、更加人性化、更能适应多元化的市场需求。

3.3 应用可再生能源,助力数据节能减碳

近年来,随着我国“双碳”战略的落地实施,加之数据中心能耗持续增加,我国作为可再生能源资源大国,各类可再生能源资源丰富。目前,数据中心可再生能源利用主要有以下方式:市场化交易直接采购可再生能源,绿色电力证书,分布式可再生能源发电。随着近年来新能源发电技术的日趋成熟,数据中心的可再生能源应用方面有了更多的选择,构建“源网荷储”协同网架,实现能源互补利用,改善数据中心园区的能源结构,保障了园区供能可靠与稳定,降低了用能与运行成本;利用电力电子变压器多端口的特点,构建高/低压、交/直流统一接入的一体化电源系统,可实现分布式能源的就地利用,充分降低数据中心供电能耗,进一步提升数据中心负荷的高效供电能力。在规划设计阶段、工程建设阶段、维护运营阶段进行差异化布局和规划,分期投资,按需建设,避免由于基础设备超配引起的能源浪费。

另外,由于数据中心业务负载波动性较小,而光伏、风电等可再生能源产生的电能存在峰谷现象,这就要求配置储能设施完成电能储存,进而平衡上述问题,如此可进一步提升可再生能源使用规模及比例。同时,低价电充电,高电价时段放电,可节约电费;补充电能,克服用电高峰时的电力不足^[5]。

4 数据中心配电系统规划设计经验总结

配电系统作为数据中心的能耗结构中的又一耗能单元,从大量的工程实践经验表明,数据中心机架等级、单机架功耗、业务支撑等级、新型配电设备的应用、可再生能源的利用程度在一定程度上决定了数据中心配电系统的节能水平,当前数据中心的建设正在如火如荼地进行着,依据上述技术演进与工程实践,本文作者结合多年工程规划设计实践,对于数据中心配电系统进行系统的规划设计,建议在设计前策划、设计中落实、设计后总结,贯彻全生命周期的服务理念,旨在实现数据中心配电结构的优化提升,推动数据中心产业高效、节能、低碳、可持续发展。

4.1 设计前周密策划

设计前要合理确定关键指标,如机房建设级别、单机架功率、同时系数、需要系数的取定,以便合理规划配电系统的容量,适度超前,避免过度冗余;重点关注关键设备、关键参数、关键要求,如配电柜端子配置、断路器组合、建设个性化要求,厘清内、外部分工界面:明确工作界面、交付时间点,强化专业内部及专业间的互动以便落实建设单位意图,通过周密策划,明确工作思路和工作方向,为后续工作奠定基础。

4.2 设计中强化落实

设计中采用模块化、结构化设计思路,为后续系统调整、图纸修正奠定基础,提升工作效率;规范设计、规范绘图,系统架构及布局规划合理,避免过渡冗余或线路迂回;形成一系统、二平面、三路由、四清单的设计思路与设计逻辑,注重系统架构设计;把控关键交付时间点、交付成果件的要求,扎实落实设计意图,落实设计思想,从始至终贯彻“一张蓝图绘到底”的设计逻辑,注重落实相关技术要点和技术要求。

4.3 设计后注重总结

规划设计工作完成后进行设计工作后评估,总结经验及不足,避免同类型错误发生;细化各专业方案调整对于整体设计的影响;整理设计不足或错误案例清单,指导后续同类型项目交付与实施;总结各专业制图图集、标准、大样图;定期进行客户回访,闭环管理,通过系统应用鉴定设计的合理性;通过不断地经验积累和技术总结以指导后续类似项目的落地实施,避免重复错误或纰漏出线,总结项目案例,形成标准化设计成果。

5 数据中心发展方向展望

伴随着数据中心业务需求多样性、技术发展的成熟性,未来数据中心将沿着低碳、多元、模块、智能化的方向发展,数据中心作为数字经济中的重要载体,其在数字经济的指导地位将更加突出,将进一步带动上下游产业的发展,数据将成为又一交易元素,大数据产业将迎来新的发展机遇,将进一步推动经济和社会进步,形成行业赛道。

5.1 低碳化

“双碳”战略促使数据中心向低碳化方向发展。数据中心将从规划、建设、运维、运营等多个阶段贯彻“低碳”发展理念,光伏、风电将更加普遍地应用于数据中心,源头绿色化、用能高效化将成为数据中心可持续发展的重要因素,围绕数据中心低碳化的产品将更

多地推向市场,围绕数据中心低碳化的产业链将会更加丰富、更加完善,大数据中心的低碳化发展将是大势所趋。

5.2 多元化

近年来,高密度、高算力的业务需求应运而生,数据中心未来将面对更加复杂的应用场景,数据中心的本质是空间、电力、制冷和网络等四大能力的有机统一,数据中心的需求是空间、电力、制冷和网络的个性化需求,如何实现数据中心能力与需求匹配将成为数据中心规划建设的难点^[6],未来多样化的业务需求将会催生相关技术不断革新、不断发展,最终实现行业的多元化发展和进步。

5.3 模块化

未来,从数据中心供电系统到制冷系统,系统的架构将更加简洁、更利于工厂预制,数据中心的建设模式将更加灵活,系统部署将更加快速、高效,建设周期将进一步缩短,应对紧急业务的能力将进一步提升,尤其是地价敏感区域,业务需求的热点区域,模块化的建设模式特点鲜明、优势明显,伴随着模块化技术的进一步完善和进步,数据中心的模块化发展将会更加的深入人心。

5.4 智能化

随着互联网、物联网、人工智能技术的快速发展,数据中心运维朝着智能化方向发展。数据中心的安全防护将从当前被动响应到主动预防,系统的容错能力将大幅度提升,如通过应用自动巡检机器人等设备,使得数据中心的安全防线将更加牢固、更加可靠;“规建维售”的体系将更加完善,数据中心的智能化水平将更加完善,数据中心将不再是一个简单的工业化产物,而将成为一个智能化的载体。

参考文献:

- [1] 郭利群.HVDC在数据中心的节能作用浅析[J].智能建筑电气技术,2019(06):22-25.
- [2] 胡鹏涛,高雅.面向5G的数据中心供配电系统设计与实现[J].电子技术与软件工程,2019(06):216-218.
- [3] 钟景华.数据中心供配电系统架构及备用电源的选择[J].建筑电气,2018,37(01):3-7.
- [4] 陈明霞.银行数据中心供配电系统设计探析[J].安徽建筑,2019,26(09):227-229.
- [5] 周婷,李婷,常传源.基于碳中和的数据中心绿色发展策略研究[J].河南科技,2023,42(06):155-158.
- [6] 王翔.浅谈金融数据中心项目的规划选址及可行性分析[J].建筑设计管理,2019,36(07):54-56.