

预制化电源模组 在数据中心的应用研究

Research on Application of Prefabricated Power Modules in Data Centers

王利¹, 姜晓君², 史晓峰¹ (1. 联通数科公司云计算事业部呼和基地, 内蒙古呼和浩特 010020; 2. 中讯邮电咨询设计院有限公司, 北京 100048)

Wang Li¹, Jiang Xiaojun², Shi Xiaofeng¹ (1. Unicom Digital Technology Corporation Cloud Computing Division Huhehot Base, Huhehot 010020, China; 2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China)

摘要:

为解决数据中心配电系统布局分散、占地面积大、施工周期长等问题,引入预制化电源模组概念,由一套电源模组实现原来多套系统组合的功能,此模组具有线路损耗低、空间利用率高和部署快等优点。但是,目前关于预制化电源模组的内部配置及外部接线问题还未形成统一标准,各厂家的实现方式也不同,由此引发配置不足或过度配置问题。对某预制化电源模组在实施过程中遇到的架构问题进行分析,针对不同的情况给出不同的设计要求,力求提供规范、经济、合理的预制化电源模组架构。

Abstract:

In order to solve the problems of scattered layout, large area and long construction period, prefabricated power module topology is introduced, which realizes the functions of original multiple system combinations by one power module and has the advantages of low line loss, high space utilization and rapid deployment. However, at present, the internal configuration and external wiring of the prefabricated power module has not yet formed a unified standard, and the implementation methods of various manufacturers are different, which leads to the problem of insufficient or excessive configuration of the topology. It analyzes the topological problems encountered in the implementation of a prefabricated power module and gives different design requirements for different situations, in order to provide a standardized, economical and reasonable prefabricated power module topology.

Keywords:

Power module; Prefabrication; Safety and energy saving

关键词:

电源模组; 预制化; 安全节能

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2023.12.007

文章编号: 1007-3043(2023)12-0030-05

中图分类号: TN86

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



引用格式: 王利, 姜晓君, 史晓峰. 预制化电源模组在数据中心的应用研究[J]. 邮电设计技术, 2023(12): 30-34.

1 概述

随着5G、云计算、人工智能等新一代信息技术的快速发展,数据中心作为各行业信息系统运行的物理载体,已成为经济社会运行不可或缺的关键基础设施,在数字经济发展中扮演至关重要的角色。2021年7月,工信部下发《新型数据中心发展三年行动计划

(2021—2023年)》,其中,新型数据中心是指以支撑经济社会数字转型、智能升级、融合创新为导向,汇聚多元数据资源、运用绿色低碳技术、具备安全可靠能力、提供高效算力服务、赋能千行百业应用,与网络、云计算融合发展的新型基础设施。与传统数据中心相比,新型数据中心具有高技术、高算力、高效能、高安全等特征。

当前,新型数据中心建设如火如荼,数据中心能耗占国民经济能耗的比重越来越高,节能减排的压力

收稿日期: 2023-10-21

也越来越大。2020年9月,习近平总书记在第75届联合国大会上提出“中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”的战略目标。

在此背景下,如何在保障数据中心安全可靠运行的前提下,降低数据中心能耗,提升电能使用效率是数据中心行业从业者重点关注的问题。供电系统是整个数据中心的动力来源,也是数据中心正常安全运行的关键,负责把能量高效输送到每一台设备。通信质量的高低不仅取决于通信系统中各种通信设备的性能和质量,还与通信电源系统供电的质量密切相关。

2 数据中心配电系统分析

传统数据中心的配电系统普遍采用分散式的结构,高低压柜、交/直流不间断电源系统均在不同的机房分散布局,各系统由不同的厂家生产,如图1所示。变配电系统和通信电源系统的一次和二次线缆需要现场连接,即使相邻的配电柜进出线也需要上下翻折,线缆线路长,线路损耗大,后续线缆检修和系统扩容难度大。

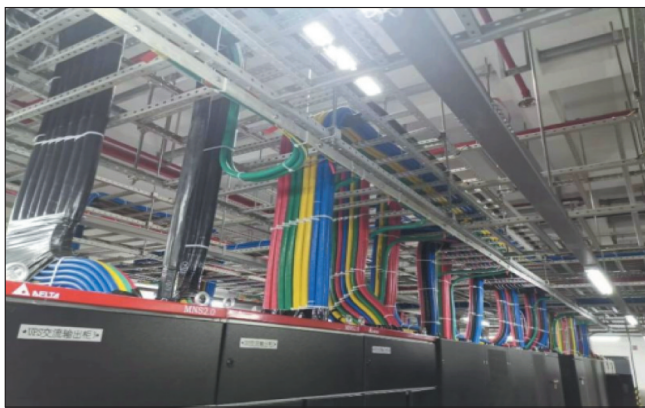


图1 传统UPS及输入输出柜线缆及布置

传统的变配电系统,机房动环监控系统接口需要直接面对每一个元器件,系统调试工作量大。系统使用时需先期设计、现场组装、现场调试、施工布线,系统可靠性较多地依赖于设计师对于电力系统架构的把控。

近年来,为提升变配电系统供电效率,减少供电级数,缩短供电链路,预制化电源模组得到越来越广泛的应用。预制化电源模组使用预制化和模块化的

概念,将原来的变压器、无功补偿、低压柜、不间断电源、进出线柜等多台散装设备的全部或者部分功能进行整合,功能更加完备。某数据中心预制化电源模组线缆及布置如图2所示,系统采用1 250 kVA电源模组,配置2×600 kVA UPS系统,含出线、母联、补偿和交流不间断电源输出等组合功能,系统总长度控制在10 m之内,架空地板下送风,空调送风不受电源模组的摆放限制。



图2 预制化电源模组线缆及布置

预制化电源模组具有的优势如下。

a) 减少配电环节,节省占地面积。低压配电柜的出线断路器和UPS的输入断路器不需要重复设置,减少断路器所需配电柜,节省电力室面积。

b) 缩短供电路径。相邻柜体间不需要线缆上下翻折,采用柜内母排直通供电的方式,柜内母排分为市电母排和UPS母排,母排的优化布置是系统实现的关键。

c) 统一的监控管理。实现全系统电参数采集、整定值预置、报表管理、关键点测温、故障录波等多种功能,一套电力模组即可实现全楼的PUE计量管理。

d) 现场的快速部署。电源模组实现产品的工厂化,将原现场的工作改由工厂完成,减少现场工程量。

但是,目前预制化电源模组还没有规范和标准可参照。由于各个厂家的产品理念不同、技术演进不同,现有的预制化电源模组在系统架构、安全配置等方面并未形成统一的标准。

a) 过分强调电源模组的体积及占地面积,减少系统上下级的保护,如:取消UPS的主路进线断路器和静态旁路断路器,采用负荷开关加分组模块的熔断器代替;取消静态旁路断路器,多台UPS的主进线断路

器合用等,均与现有的运维理念或规范冲突。

b) 过分强调电源模组的运维场景,强调单套系统的可靠性,导致投资高,如:不允许采用模块化UPS并机,要求每套模块化UPS均有独立的分路输出;每套UPS需要就地预留移动油机电源接口断路器等等。

输出为直流的预制化电源模组的标准已经颁布,即《信息通信用10 kV交流输入的直流不间断电源系统》(YD/T 4006-2022),而输出为交流的预制化电源模组的相关规范和标准还未形成,但是数据中心应用最为广泛的是交流的预制化电源模组。下文针对具体项目,对建设和运维过程中,从业人员关心的预制化电源模组的架构问题进行论证分析。

3 电源模组架构分析

某项目采用10 kV配电,变压器和对应低压柜已经建设完成,在客户配套工程建设中,由于电力室空间紧张,需要将UPS、UPS的输入输出柜、电池开关柜及监控系统进行整合,形成新型预制化电源模组。严格意义而言,此项目并非是集成了变压器、母联、补偿的预制化电源模组,但实现了柜体间无外部线缆翻折,柜内UPS母排和市电母排贯通,UPS、配电及环境参量的统一监控,项目已经顺利实施,设备运行良好。

在项目的落地过程中,由于预制化电源模组的独特架构,导致与常规系统在断路器配置、母排结构和

系统监控方面均有不同之处。项目组在综合系统配置、运维安全等方面提出多种模组架构问题,为了便于理解,可以将各类问题归结为2种方案,分别如图3和图4所示。

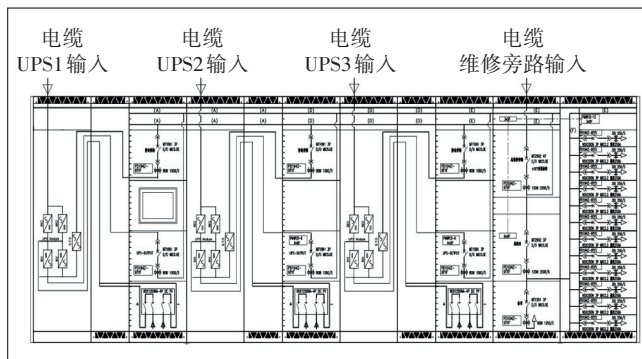


图3 预制化电源模组系统架构1

根据《数据中心设计规范》(GB 50174-2017)第8.1.7条规定,不间断电源系统应有自动和手动旁路装置。根据《通信电源设备安装工程设计规范》(GB 51194-2016)第6.1.3条规定,同一套交流不间断电源(UPS)供电系统内部,不同交流不间断电源(UPS)设备的旁路电源应同源。以3台500 kVA并机系统为例,正常运行时所有单机均主路运行,当单台UPS主路出现故障时,UPS系统转至静态旁路,此时所有并机系统内的单机均转旁路,即并机系统内各台UPS的内部路

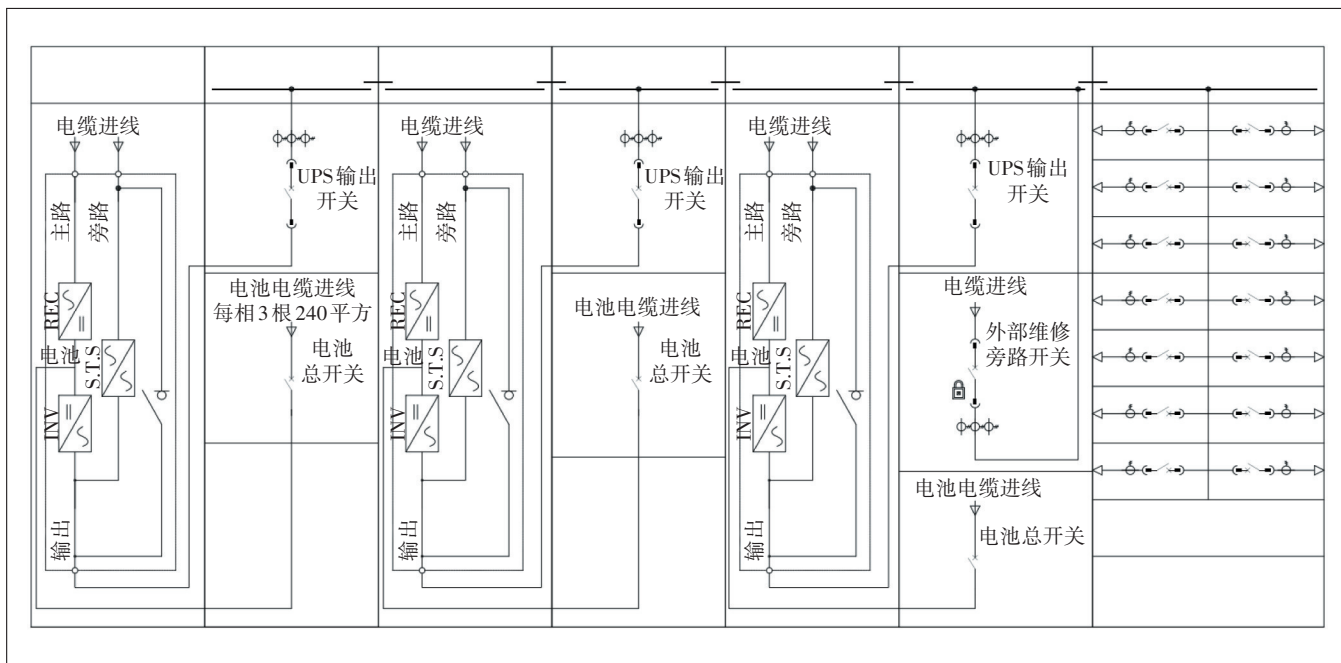


图4 预制化电源模组系统架构2

是同步工作的。

架构1(见图3)中每台UPS的主路输入分别从低压配电柜的3台断路器通过电缆引至,静态旁路和手动维修旁路由低压配电柜的同一台断路器通过电缆引至,然后通过4台断路器分别至3台UPS的静态旁路和总手动维修旁路,3台UPS并机后通过3台断路器输出至并机母排,并机后设置总输出断路器,输出UPS电源。

架构2(见图4)中每台UPS的主路输入和静态旁路分别从低压配电柜6台断路器通过电缆引至,手动维修旁路由低压配电柜单独的断路器通过电缆引至,3台UPS并机后通过3台断路器输出至并机母排,并机后不设置总输出断路器。

3.1 静态旁路和手动维修旁路共用断路器问题

2种方案均满足GB 51194-2016第6.1.2条:交流不间断电源(UPS)供电系统的主路输入(整流器输入)和静态旁路的输入,应分别引自不同的输入开关的要求。

在架构1中,主路进线单独设置断路器,静态旁路与手动维修旁路来自同一路低压出线,由于静态旁路与手动维修旁路不存在同时带载的情况,可共用同一个断路器满足容量使用需求。相较于分别通过电缆送至UPS主机旁路的方案,该方案可以节省电缆用量,降低项目投资。现行标准规范只规定了主路输入与静态旁路输入开关须分开设置,并无静态旁路与手动维修旁路必须分开设置的相关要求,因此该方案同样也符合标准规范。

正常情况下,UPS并机系统中的所有单机均主路运行,当一台UPS主路发生故障时,系统内的所有单机均自动转至静态旁路,并机系统内各台UPS的静态旁路开启同步工作。当UPS并机系统母线故障或者系统退出时,手动切换至手动维修旁路。当共用的旁路断路器故障或线路故障时,会导致整套系统母线上的所有旁路无法正常使用,对于运维人员而言,此方案风险点集中,较难接受。

在架构2中,将各UPS的静态旁路与手动维修旁路电缆分开布放,静态旁路和手动维修旁路均设置独立的进线断路器。当出现故障需要紧急维修时,只需将UPS系统切换至手动维修旁路,每台主机的主路及静态旁路可直接从低压配电柜侧下电,将故障UPS隔离出带电系统后即可开展维修工作。当主机达到使用年限后也方便进行整机替换,提高了供电可靠性和

运维方便性,但是其劣势在于电缆成本提高,电缆施工工作量增加,整体投资大。

上述2种架构均可采用,在实施过程中,需结合项目的建设等级、投资情况、运维要求等选择合适的方案。

3.2 总输出断路器问题

在架构1中,3台UPS并机后通过3台断路器输出至并机母排,并设置总输出断路器。总输出断路器长期合闸运行,当故障发生或进行系统维护检修时,运行维护人员通过断开总输出开关,可以一次断开所有负载分路。同时,UPS并机系统的总输出开关可以在UPS并机系统维护完毕,进行假负载测试时使用。但是,总输出断路器的存在增加了系统成本,也增加配电柜长度。

在架构2中,3台UPS并机后通过3台断路器输出至并机母排,不设置总输出断路器。由于各台主机已经配置单独的输出断路器,运维人员需要通过3次操作,才能断开负载进行故障检修。该方案的优势在于节省一台大容量断路器,工程造价低。在客户无特殊要求的情况下,建议优先选用此方案。

3.3 备用断路器问题

备用断路器是指设置在预制化电源模组输出侧的断路器。根据使用情况分为大容量备用断路器和小容量备用断路器2种。

大容量备用断路器的容量与系统总输出容量相当,主要应用于电力行业或金融行业数据中心的电源系统。当出现上游整套配电系统或单母线系统计划检修或长时间设备升级等停电操作时,并机系统的输出母线上的大容量断路器可以将其他UPS电源或移动油机电源引入临时带载。适用于上游配电系统不稳定、具有可预见性的UPS设备升级或供电保障等级要求高的场景。

对于常规数据中心而言,在并机系统的输出母线上配置大容量备用断路器时需要根据具体情况进行分析。在数据中心的实际运营中,出现整系统故障停电检修或故障的概率低,且临时线路敷设需要耗费大量人力、物力,需将多根大线径的电缆从一个电力室布放至另外一个电力室或室外油机,电缆布放工作量大,故障应急情况响应时间长,仅适用于计划性检修或系统割接场景。

小容量备用断路器则主要用于下端IT列头柜的供电,其情况分析较为简单,可以适当预留。一方面,

通常建设阶段无明确客户需求,IT设备的设计功率与实际负载功率存在差异,设置备用回路可以在实际设备功率较低的情况下利用备用回路增加本套UPS系统带载机柜数量,充分利用宝贵的UPS容量。另一方面,小容量断路器的造价低,增加备用回路不会对整个电源工程的造价产生大的影响。

综上,大容量备用断路器是否设置及容量问题需根据具体情况进行分析,预制化电源模组输出侧宜配置小容量备用断路器,数量应根据配电柜的可安装容量和实际需求容量进行判定,充分利用UPS资源,降低系统后期扩容难度。

3.4 监控管理问题

监控系统是预制化电源模组管理核心,监控系统实现了对预制化电源模组的UPS主机、配电柜、蓄电池和环境参数的监控管理,可将各类监控参数上传到后台集中监控管理。

架构1的每套电源模组内配置一套监控管理单元,就地安装在模组中,实现本地监控及管理功能,二次监控线缆在工厂预制完成,现场可实现快接。该监控管理系统对预制化电源模组进行全面监控和显示,功能丰富,具有整个配电系统的单线图显示,实时显示系统中电流流向及运行状况,提供各级断路器保护设定值和各级断路器的运行参数,显示UPS运行状态,具有事件告警记录等全部功能,并能通过统一接口和后台监控对接,实现本地和远程的综合管理。目前系统级保护、故障诊断及预判分析算法日益成熟,但是其效果很大程度上取决于设计和监控厂家的软件实现能力。

架构2采用的监控方式是传统监控架构,每个配电柜的智能仪表和UPS主机监控接口分别上传到监控主机的采集单元上,通过采集单元上传到后台。因为智能仪表和UPS主机是单独上传,一个接口出现故障也不会影响到整套监控系统的监控。在目前监控集中化统一的技术趋势下,该方式二次线缆敷设工作量较大,本地化显示内容少,监控管理智能化程度相对较低。

4 结论

预制化电源模组是一种新的理念,实现此理念具备多种路径及方式。每种路径和方式均具有其优点和缺点,本文的2种方案也无对错之分,只是设计师或用户理念不同。针对实际项目中遇到的情况及上述

分析,总结建议如下。

a) 静态旁路和手动维修旁路宜从不同的上级断路器引接,在2N架构中,单台UPS的主路输入和静态旁路输入可以共用上级断路器。

b) 对于2台及以上的UPS并机系统,每台UPS需要设置独立的输出断路器,总输出断路器设置与否可以根据建设及运维习惯确定。

c) 除非特殊规定,在预制化电源模组的输出侧,可不必设置与并机系统容量相当的备用断路器。

d) 随着数据中心运维要求的提高,应实现电源模组上下级的保护及系统的故障预判,宜对预制化电源模组设置独立的监控管理系统。

e) 在实际的应用中,变压器、出线、联络、补偿及输入输出宜统一纳入预制化电源模组中,可实现对系统的占地、投资和管理的最优。

可以预见,预制化电源模组具备节能、节地和快速部署等优点,具备良好的应用前景,在实际项目中,需要建设和运维从业者根据实际建设规范、运维规程和客户需求等进行综合分析,从投资造价、实施难度、运维成本和客户需求等角度出发选择最优方案。

参考文献:

- [1] 刘宝庆,孔力,范俊谱,等.现代通信电源技术及应用[M].北京:人民邮电出版社,2012:197-205.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.数据中心设计规范:GB 50174-2017[S].北京:中国计划出版社,2017:43-45.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.20kV及以下变电所设计规范:GB 50053-2013[S].北京:中国计划出版社,2014:4-8.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.低压配电设计规范:GB 50054-2011[S].北京:中国计划出版社,2012:15-16.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部.通信电源设备安装工程设计规范:GB 51194-2016[S].北京:中国计划出版社,2017:16-23.
- [6] 丁聪,叶新平.数据中巴拿马电源技术应用探讨[J].智能建筑电气技术,2021(15):67-72.
- [7] 钟永新,陈邦稳,姜晓君,等.融合型智能电力模组在数据中心的应用分析[J].邮电设计技术,2023(01):71-76.
- [8] 赵静宜,杨瑛洁.打造零碳数据中心的体系和方法论[J].邮电设计技术,2022(12):14-19.

作者简介:

王利,毕业于内蒙古工业大学,工程师,学士,主要从事大型数据中心基础设施运行维护和安全管理工作;姜晓君,毕业于郑州大学,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;史晓峰,毕业于华北电力大学,工程师,学士,主要从事变电站、数据中心电源设备运行维护工作。