

新型一体化电源设备创新技术

Research on Innovative Technology Application of
New Generation Power Skid

应用研究

杨瑛洁¹,何健²,闫健¹,李宁³(1. 中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048;2. 联通数字科技有限公司,北京 100084;3. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100032)

Yang Yingjie¹, He Jian², Yan Jian¹, Li Ning³ (1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China; 2. China Unicom Digital Technology Co., Ltd., Beijing 100048, China; 3. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100032, China)

摘要:

新型一体化电源设备由于其集约高效、工厂预制、模块快速交付等特点,近年来在数据中心领域得到越来越多的应用。研究了如何提升一体化电源设备的短路稳定性、上下级选择性保护等问题,这些问题关系到数据中心的供电安全及可靠性。一体化电源设备在数据中心的创新技术应用,将为电源系统的安全、高效运行提供建设思路与指引。

关键词:

新型一体化电源;集约高效;工厂预制;数据中心;电源系统

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.12.003

文章编号:1007-3043(2023)12-0012-04

中图分类号:TN86

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

The new generation power skid has been increasingly applied in the field of data centers in recent years due to its characteristics of intensive efficiency, factory prefabrication, and fast module delivery. It studies how to improve the short-circuit stability and selective protection of new generation power skid, which are related to the safety and reliability of data center power supply. The innovative technology application of new generation power skid in data centers provides construction ideas and guidance for the safe and efficient operation of power systems.

Keywords:

New generation power skid; Intensive and efficient; Factory prefabrication; Data center; Power supply system

引用格式: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.

1 概述

随着信息技术的快速发展和普及,数字经济在全球范围内逐渐崛起,成为推动经济增长和社会发展的力量。中国作为世界第二大经济体,对数字经济的重视和支持也日益增强。随着数字化速度的加快,承载数字化应用需求的数据中心和通信机房的规模不断增长。这种增长带来了许多挑战,其中之一就是电力供应和效率问题。信息通信基础设施需要大量的电力来维持其设备的运转,传统的电力供应方式和架构急须改变。

中国联通自研的一体化电源设备提供了一种创新的电力供应解决方案,旨在为数据中心和通信机房提供更高效、可靠和低碳的电力供应。它通过将传统的用户变配电设备、UPS设备、HVDC设备等,以及智能监控单元使用预制模块拼接的方式集成到一起,形成一个智能的、完整的、可扩展的电力系统。该方案取消了传统系统架构间大量电缆连接,节约了大量材料和空间占用,同时减少能源浪费和环境影响。

2 传统的信息通信基础设施电源系统配置复杂

传统的数据中心和通信机房供配电系统包括10 kV高压配电系统、机房高压就地配电、变压器、低压配电、不间断电源系统及其输入输出配电、机房内部末

收稿日期:2023-11-02

端配电等。一般情况下 10 kV 高压配电系统采用集中布局,机房内部末端配电与 ICT 用电设备采用贴临布局,中间的变配电和不间断配电系统部分则在各楼层

分布式布局,中间均通过电缆连接。图 1 所示为典型的数据中心配电系统的配置情况。

图 1 中数据中心的低压配电柜位于配电室,不间

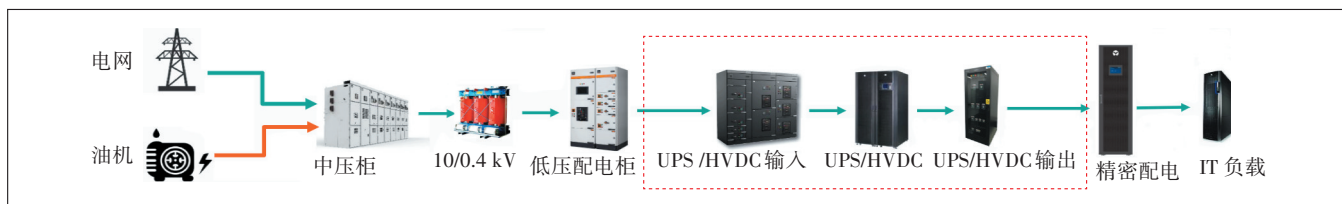


图 1 传统数据中心配电系统配置

断电源设备位于不间断电源室,中间需要大量电缆连通,铜材消耗量大,通过走线架进行多层敷设,不仅使用材料多且施工量也很大。以一套 2 500 kVA 的传统数据中心配电系统为例,系统配置 2 400 kV 容量的 UPS 设备,使用 4 台 600 kVA 的 UPS 设备两两并机进行输出。按照业内 UPS 主机进出线标准配置和使用量最大的单芯 240 平方电缆进行测算,每套两并机的 UPS 主机通常需配置 2 台 1 250 A 的进线断路器,同时配置 24 根电缆;2 台 1 000 A 的静态旁路断路器及 16 根电缆;2 台 1 000 A 的输出断路器及 16 根电缆;1 台 2 000 A 的外部旁路断路器及 20 根电缆,共计需配置 76 根单芯 240 平方电缆。2 套两并机的 UPS 系统合计需要使用 152 根单芯 240 平方电缆。传统的 UPS 和配电柜之间采用外部电缆的连接方式,不仅造成相邻柜体间大量电缆上下翻折,线路损耗大,施工困难,同时由于电缆施工敷设时路由不规范,还容易造成并机系统各 UPS 主机回路阻抗不匹配,系统不均衡等问题,进而形成安全隐患。

另外传统供电架构中不同类型的设备分布在不同房间中,电力室类型多且布局分散,电力设备占用面积大。配电设备品牌繁杂,不同类型的设备监控接口不统一、接口无互联互通功能,无法实现智能化及全量数据纳管,监控和维护较为复杂。

3 新型一体化电源设备应运而生

在数据中心和通信机房用电功率大幅度增加的情况下,电力设备占地面积随用电负荷升高而迅速升高,规划设计、建设实施和运营管理的复杂程度也同步增加。针对这些问题,中国联通结合数据中心、大型通信机房的用电特点,研制出一种新型一体化电源设备对供电系统进行升级,旨在提供智能化、模块化、预制化、小型化的设备来支撑信息通信行业供电系统

低碳、高效、低成本建设。图 2 为新型一体化电源设备在供电系统架构内的应用示意。

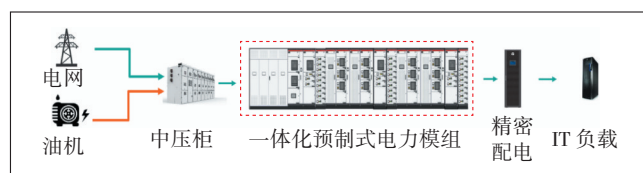


图 2 新型一体化电源设备在系统架构的应用示意

中国联通新型一体化电源设备采用了模块化理念和预制化封装技术,将每套配电系统按照功能整理成变电、配电、交/直流不间断电源、智能监控等多个模块,每个模块内实现单一功能,并将该模块内技术的具体细节(如继电保护配置、开关上下级选择性配置以及过电压保护分级)封装在模块内预制化生产,现场快速部署。该设备可实现灵活、按需分步建设,可以在线增加不间断的 UPS 模块或 HVDC 模块进行扩容,还可在运行一定年限或者检修时进行不中断业务的模块在线更新替换。

该技术还优化了低压配电柜体结构,减少不必要的供电链路,将供电母排内置,取消柜间连接的大量电缆,无需设置连接上下游交流电缆的桥架,实现了供电设备与现场施工解耦,结构灵活,且可靠性高,方便拆装,部署简单快速,现场安装工程量减少 80%。

一体化电源设备实现了配电设备的智能化交付,使用设备内置的就地监控终端监控设备内部各种电量参数并上传至系统,进行全系统电参数采集和告警信号上传,实现全功率链管理、自动报表系统、选择性保护配合、关键点温度测量、电源故障录波等多种功能,并通过统一的标准协议接口纳入上级监控。

4 新型一体化电源设备技术要点解析

4.1 短路稳定性安全验证分析

一体化电源设备将UPS并机输出回路使用铜排集中布局的方式进行输出,为了保证设备运行安全性,研究人员对铜母排的短路动稳性能进行了计算分析。一体化电源包含有UPS设备并机运行,UPS设备在主路运行、旁路运行、维修旁路运行3种运行状态下系统阻抗和短路情况均不相同,故在进行系统安全性核算时按照短路情况最严重的维修旁路运行状态进行计算,在进行保护配合分析时则按照不同的运行方式分别进行分析。以下进行母线系统安全性验证分析。

以施耐德Blokset柜型铜排要求的布局方式进行母线布放,针对2500kVA变压器(短路阻抗选用6%)下设2套2台600kVA UPS并机系统进行计算。对于一个2台600kVA UPS设备并机输出的系统,交流输出电流不超过2000A,此处按照2根5mm×125mm铜排载流,其相间距不小于90mm,经ETAP软件计算(见图3),最严重三相金属性接地短路电流不超过60kA(图3中维修旁路上端短路电流为57.5kA),其峰值短路冲击电流瞬时值 i_{ch} 为128.12kA。

根据《电力工程电气设计手册》中短路动稳定校

验的计算方法,导体短路时产生的机械应力一般均按三相短路验算,多片矩形导体的机械应力可按式(1)进行计算:

$$\sigma_{xu} > \sigma$$

$$\sigma = \sigma_{x-x} + \sigma_x \quad (1)$$

式中:

σ ——短路时导体产生的总机械应力(N/cm²)

σ_{xu} ——导体材料的允许应力(N/cm²)

σ_{x-x} ——短路时导体相间产生的最大机械应力(N/cm²)

σ_x ——短路时同相导体片间相互作用的机械应力(N/cm²), σ_x 可由式(2)计算:

$$\sigma_x = \frac{F_x^2 l_c^2}{hb^2} \quad (2)$$

式中:

F_x ——导体片间电动力(N/cm²),当每相2片时,

$$F_x = 2.55 \times k_{12} \frac{i_{ch}^2}{b} \times 10^{-2}$$

l_c ——每相导体片间间隔垫的距离

对于三相导体水平布置在同一平面的矩形导体,相间应力 σ_{x-x} 可按式(3)计算:

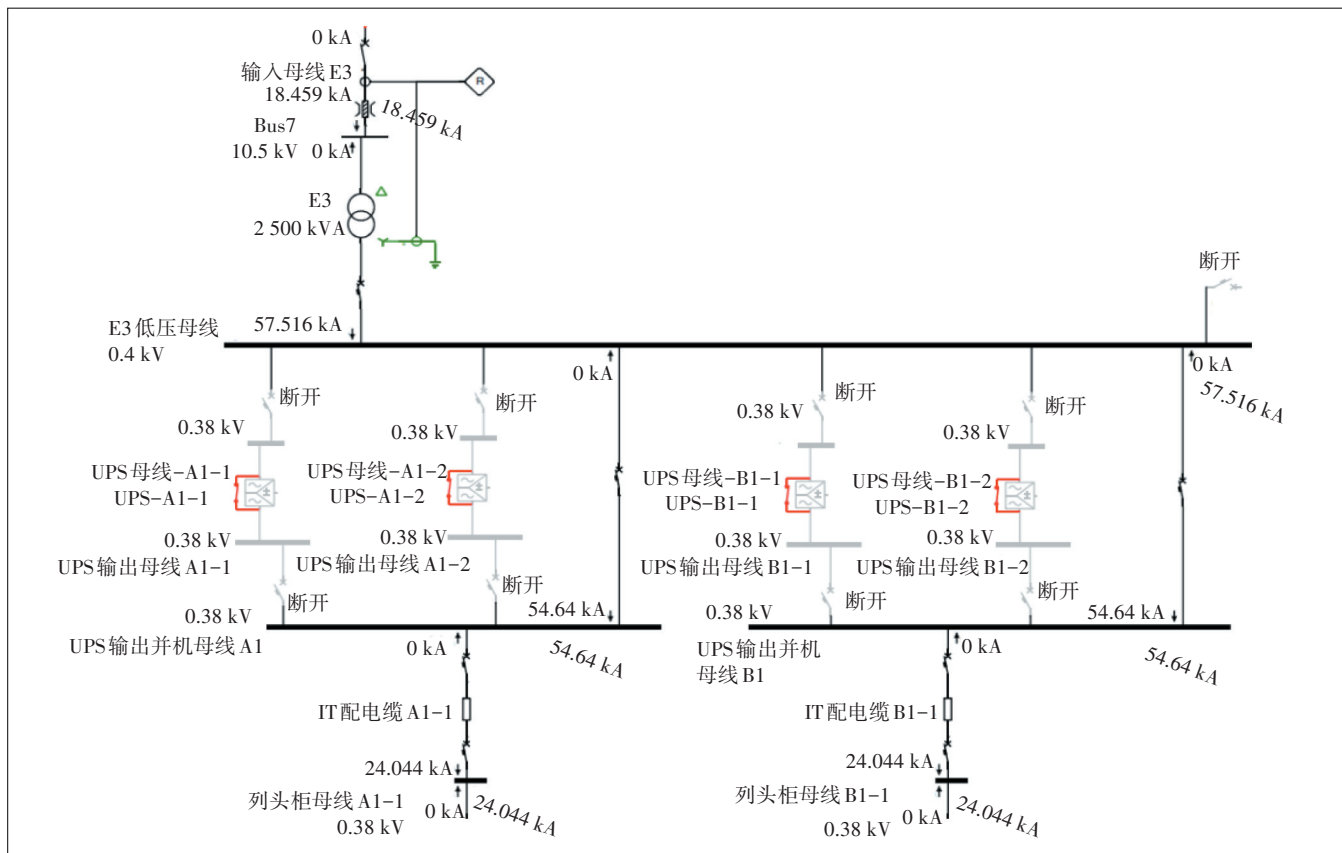


图3 2套并机UPS系统的短路情况计算仿真

$$\sigma_{x-x} = 17.248 \times 10^{-3} \frac{l^2}{aW} i_{ch}^2 \beta \quad (3)$$

式中:

l ——绝缘子间跨距(cm)

a ——相间距离(cm)

W ——导体的截面系数(cm^3);根据母线布置及形状,此处取值为4.5

β ——振动系数,多条母线组及有引下线的单条母线其共振频率范围为30~155 Hz,经校验,本计算的母线自振频率为66.39 Hz, β 取值查表可知为1.2

每相导体片间间隔垫的距离 l_c 必须小于片间临界跨距 l_{cf} ,导体片间的临界跨距按式(4)计算:

$$l_{cf} = 1.77 \times \lambda b^4 \sqrt{\frac{h}{F_x}} \quad (4)$$

式中:

λ ——系数,每相2片时,铜材料取值为65

l_{cf} ——片间临界跨距(cm)

铜材料导体最大允许应力 $\sigma_{su} = 13\,720 \text{ N/cm}^2$,经过计算,调整母线支撑跨距为189 mm,则得出本案例中 σ 值为 $12\,519.87 \text{ N/cm}^2$,小于铜材料导体的最大允许应力,故系统配置的安全性满足要求。

4.2 选择性保护配合预制化实现

在数据中心配电系统中,选择性保护对于保障系统安全和可靠运行至关重要。当发生故障时,选择性保护能够识别并隔离故障区域,避免整个系统受到影响。这种保护措施可以减少系统停机时间,避免数据丢失或设备损坏,从而降低运营成本和风险。然而由于普遍认知的缺失,目前仍有众多的数据中心配电系统运行在上下游不匹配的风险中,稍有变动就有断电的可能。

中国联通自研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主回路运行还是静态旁路运行,亦或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。

4.3 智能设备监控终端预制化实现

为了解决监控系统总是滞后工程建设时间较长、设备类型众多、接口不一的问题,一体化电源设备在设备进线处配置了统一的就地智能监控,就地显示并上传到监控中心。智能监控的人机接口硬件终端安装于设备配电柜柜门面板,具备开放性和兼容性,预留标准通用通信接口,能够与未来更换或扩展的设备

互连和互操作。监控系统除了对断路器、UPS、HVDC设备进行全电量监控和事件上传外,还集成多个智能传感器,对柜内关键连接位置,如母排连接处、电缆连接处、抽屉柜一次插头等容易出现运行隐患的位置进行温度监测,监控系统和终端在设备出厂前预制完成,可大大减少现场施工和调试时间。

5 总结

新型一体化电源设备有交流输出方式和直流输出方式,并且可以提供交直流不间断电源混供的供电能力,故可以广泛应用在通信机房、核心机房以及数据中心等各类关键场景。目前已在中国联通多地多个机房完成部署,运行稳定,安全高效。

一体化电源设备由于其小型化、预制化、智能化、低成本的特点,在数据中心低碳高效交付中可以大大节约电力机房的建筑面积,提高数据中心机房面积利用率。在“双碳”背景下,新型一体化电源设备在数据中心中具有良好的适应性、极大的经济价值和社会推广价值。随着数字经济的发展和AI智算需求的增大,数据中心负荷密度快速增长,一体化电源设备的优势更加突出,有望成为未来数据中心电力供应的主流解决方案。

参考文献:

- [1] 弋东方. 电力工程电气设计手册[M]. 北京:中国电力出版社, 2017.
- [2] 刘屏周. 工业与民用供配电设计手册[M]. 4版. 北京:中国电力出版社, 2017.
- [3] 钟永新,陈邦稳,姜晓君. 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(1): 71-76.
- [4] 韩肖清,李廷钧,张东霞. 双碳目标下的新型电力系统规划新问题及关键技术[J]. 高电压技术, 2021, 47(9): 3036-3046.
- [5] 郭亦兴. 数据中心电源系统分析与节能探讨[D]. 西安:长安大学, 2023.
- [6] 李兴林,李华英. 大型数据中心电源及UPS配电系统设计[J]. 建筑电气, 2010, 29(7): 11.
- [7] 栾杰,龚加剑. 数据中心的电源设计研究[J]. 河南科技, 2014 (11): 119-121.

作者简介:

杨瑛洁,教授级高级工程师,国家注册电气工程师,硕士,主要从事信息通信基础设施业务相关咨询设计、网络规划、产品研究、通信储能研究等工作;何健,高级工程师,硕士,主要从事数据中心基础设施规划建设、技术研究等工作;闫健,国家注册设备工程师,硕士,主要从事通信机房空调制冷、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。