



240 V 直流系统和模块化 UPS 在数据中心的应用对比分析

胡 燕, 娄洁良

(中国电信股份有限公司上海分公司 上海 200120)

摘 要: 240 V 直流系统和模块化 UPS 在数据中心的应用规模不断扩大。分析了这两种供电系统的优势特点, 从用户接受度、供电系统可用度、全生命周期总成本等角度进行了对比, 并对 240 V 直流系统的负载适应性测试、双系统供电模式以及模块化 UPS 的性能测试、冗余配置原则等问题提出了建议。

关键词: 240 V 直流供电系统; 模块化 UPS; 负载适应性; 供电系统可用度; 全生命周期总成本

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.03.024

Comparative Analysis on Application of 240 V Direct Current Power Supply System and Modular UPS in Data Center

Hu Yan, Lou Jieliang

(Shanghai Branch of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: The application scale of 240 V direct current power supply system and modular UPS is expanding continuously. The advantage and characteristics of the two power supply systems were studied, the user acceptance, the availability of power supply system, and the total cost of the whole life cycle were comparatively analyzed. Some specific concerns regarding the application in data center were raised, such as load adaptability testing, redundancy allocation principle, and so on.

Key words: 240 V direct current power supply system, modular UPS, load adaptability, availability of power supply system, total cost of the whole life cycle

1 引言

从供电的连续性及供电质量两方面考虑, 数据中心大量服务器都采用不间断电源系统对其进行供电。由传统塔式 UPS (uninterruptible power system, 不间断电源系统) 和后备蓄电池组成的交流 UPS 为数据中心的飞速发展提供了有力的保障和支撑, 但随着网络设备和业务需求对供电系统安全性要求的提高以及节能减排工作的深入, 该系统的弊端不断凸显, 如可靠性低、初期投资大、维护及扩容难、工作效率低等。为了克服这些缺陷, 240 V 直流系统和

模块化 UPS 应运而生, 且在数据中心的应用规模不断扩大。如何评价这两种供电模式, 正确选择不间断供电系统, 提高建设方案的合理性, 有必要从系统的安全性、经济性、维护方便性等角度对这两种供电系统的应用情况进行全面分析对比。

2 240 V 直流供电系统

2.1 工作原理

与传统 48 V 供电系统类似, 240 V 直流供电系统由多个并联冗余的整流模块和蓄电池组组成。正常情况

下,整流模块将市电电源转换成 240 V 直流电源供电给服务器,同时给蓄电池充电,市电停电时由电池放电进行供电。

2.2 配电结构

目前服务器内普遍设置两个输入电源模块,电源模块间互为冗余。因此,根据服务器所承载的业务重要性,可采用一套或两套独立电源系统对其进行供电。从现网应用的情况看,240 V 直流系统有以下 3 种配电结构:单套直流系统、两套直流系统和一路市电直供+单套直流系统供电系统,各供电系统的结构介绍如下。

单套直流系统引出两路电源进行双路供电,供电系统结构如图 1 所示。

两套直流系统各引出一路进行双路供电,供电系统结构如图 2 所示。

一路市电直供,另一路由单套直流系统供电,供电系统结构如图 3 所示。

3 模块化 UPS

3.1 工作原理

模块化 UPS 由能完成 UPS 基本功能的可插拔功率模

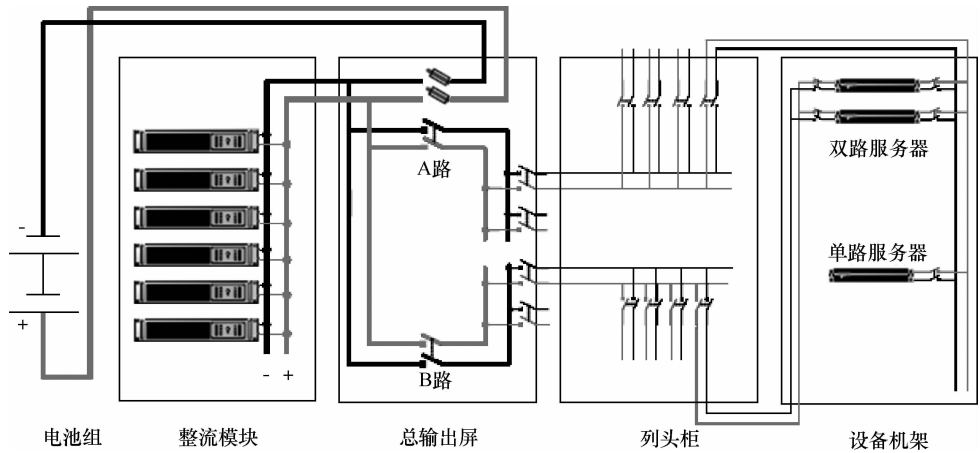


图 1 单套直流系统双路供电系统结构

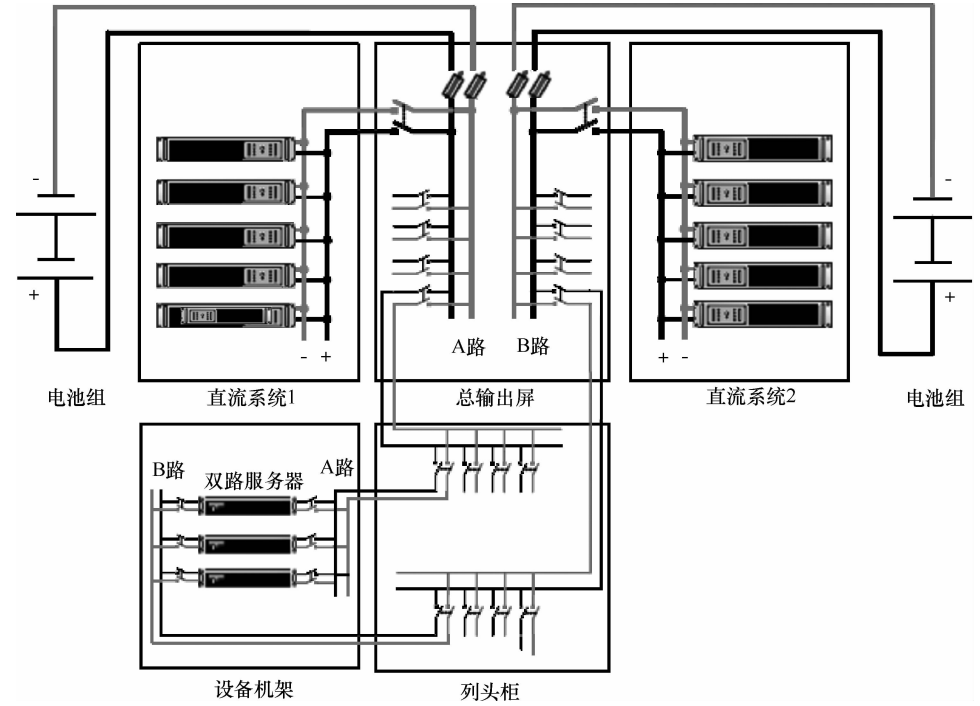


图 2 两套直流系统双路供电系统结构

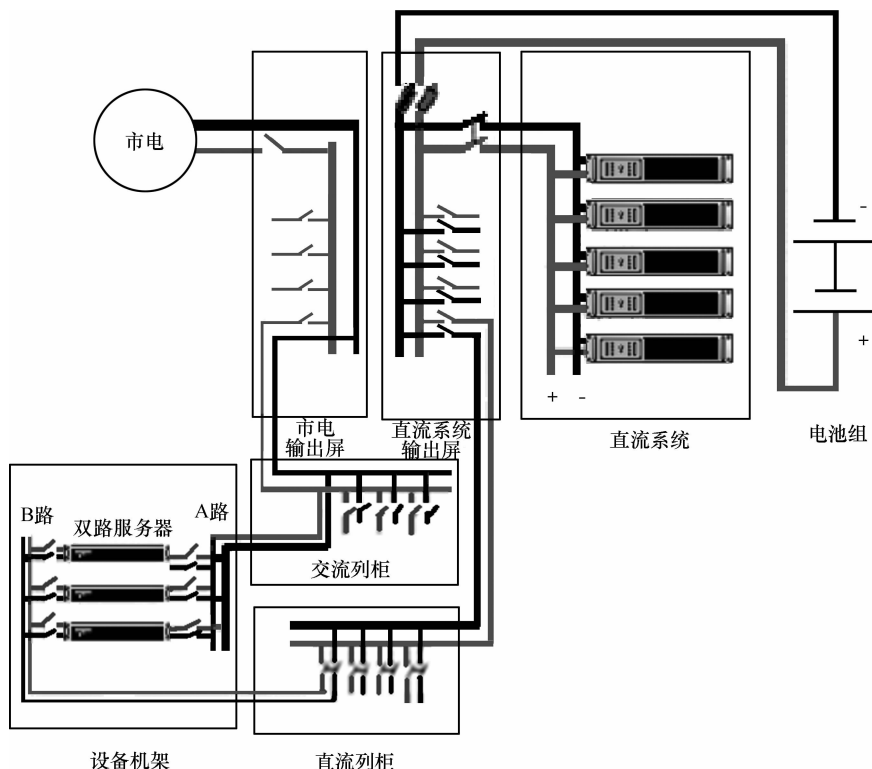


图3 一路市电直供+单套直流系统供电系统结构

块、静态开关模块、显示通信模块和蓄电池组组成。其中,功率模块包括传统UPS的整流充电逆变功能,所有功率模块并联工作,平均负担系统负载,任一模块发生故障时,剩余模块均分负载;静态开关模块为UPS处于过载时的共用供电通道;显示通信模块则用于集中数据显示和上联网络监控平台。

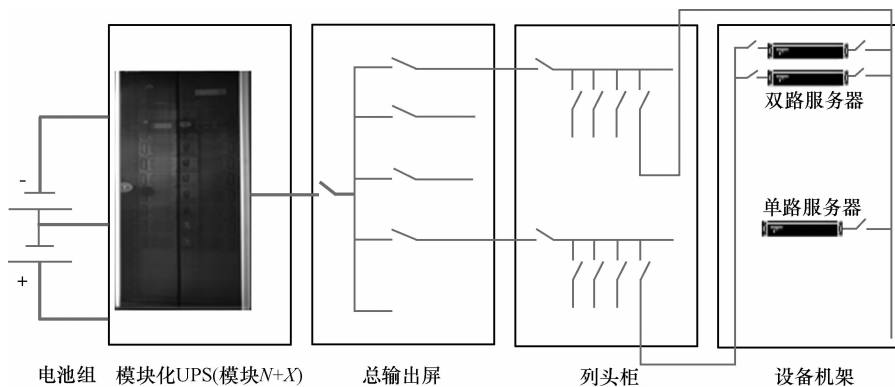
3.2 配电结构

与240V直流供电系统相类似,根据服务器的重

要性,可采取一套或两套独立的UPS系统对服务器进行供电。已在现网应用的模块化UPS有以下两种配电结构。

单机 $N+X$ 功率模块冗余并联,引出两路进行双路供电,供电系统结构如图4所示。

两套单机 $N+X$ 功率模块冗余并联,每套单机各引出一路构成双总线进行供电,供电系统结构如图5所示。

图4 单机 $N+X$ 功率模块冗余并联,双路供电系统结构

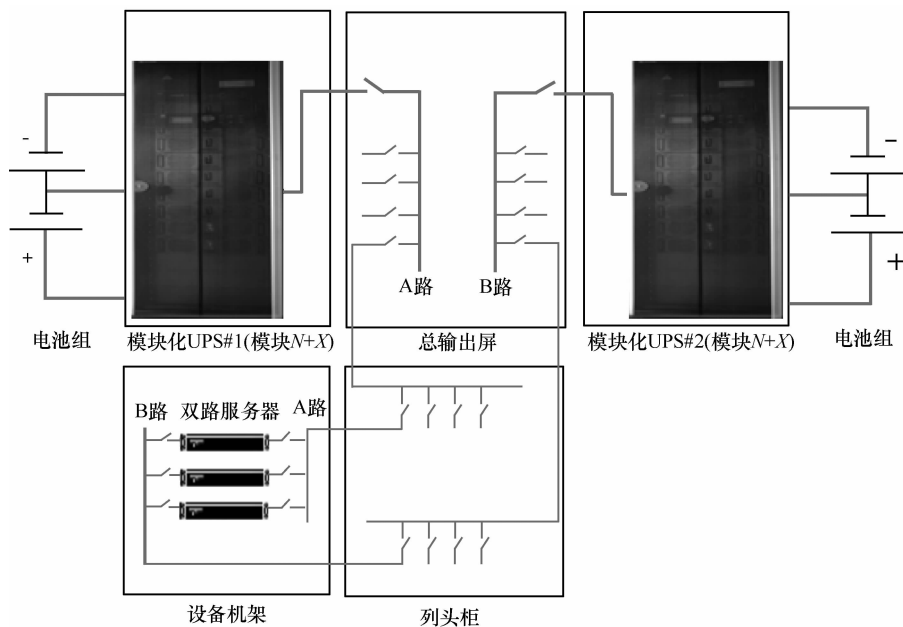


图5 两套单机 $N+X$ 功率模块冗余并联, 双总线供电系统结构

4 240 V 直流系统和模块化 UPS 的性能及应用对比

4.1 共同特点

区别于传统塔式 UPS, 240 V 直流系统和模块化 UPS 都采取了模块化结构的供电思路, 故在以下方面有着共同的优势:

- 系统终期容量确定后, 240 V 整流模块和 UPS 功率模块可按负载的逐步增长而依次扩展, 不必在建设初期即按计划容量一次投入整体容量。
- 由于 240 V 整流模块和 UPS 功率模块按需配置, 故在机房的不同发展阶段, 系统都工作在较高负载率段。据第三方权威机构测试, 大部分厂商的高压直流设备和模块化 UPS 在负载率为 30% 时工作效率均达到 91% 以上, 随着负载率的进一步提高, 工作效率可达 94%~95%。
- 240 V 直流系统和模块化 UPS 在故障维修方面, 都以更换整个故障模块为手段, 且整流模块和功率模块均支持热插拔, 无需停机修复。

4.2 差异点

作为两种交直流供电制式, 240 V 直流系统和模块化 UPS 在数据中心应用时, 存在比较明显的差异, 具体介绍如下。

(1) 负载的适应性及用户的接受度

虽然服务器、交换机生产厂商都要求提供交流供电输入, 但从近几年中国电信范围内的应用实践看, 90% 以上的 IT 负载都能适用 240 V 直流供电环境, 而对不适用 240 V 直流系统的 IT 设备电源模块的检测结果显示, 有很大比例是因为电源模块内部存在的检测结果输入电源频率的电路, 故如果对 IT 设备厂商进行引导, 使其电源模块不含频率检测电路, 将会大幅提升 IT 设备的适用率。

从数据中心托管服务器的用户接受程度看, 互联网企业普遍乐于接受 240 V 直流供电环境, 而其他用户由于缺乏对 240 V 直流系统的足够了解, 除了担心 IT 设备的适用性外, 还对在直流环境下工作的服务器运行稳定性及寿命存在疑虑, 仍希望由 UPS 提供交流电源环境。

(2) 供电系统的可用度

从单套电源设备的工作原理看, 由于 240 V 直流系统的电池直接并接于电源设备的输出端, 而模块化 UPS 的电池与负载之间被 UPS 设备隔离, 系统上仍存在单点故障, 故单套 240 V 电源设备的可靠性明显高于单套模块化 UPS。

当两套模块化 UPS 以双总线的方式组成供电系统向负载供电时, 其可靠性及可维修性大大增强, 根据理论计算, 其可用度和 240 V 直流系统一样, 都高于 99.999%,



因此在数据中心如果重要的核心设备采用 240 V 直流系统或模块化 UPS 双总线供电模式,其供电安全是有可靠保障的。

(3) 供电系统全生命周期总成本

供电系统的全生命周期总成本包括建设投资、运行能耗成本及设备维护成本。从工程建设投资看,以供电能力相近的单套 240 V 直流系统和单套模块化 UPS 相比,将电源设备、配电设备、配套的服务器交直流机架以及电缆等其他主要工程材料统计在内,两者的建设总投资额相差不超过 10%(受电源设备采购价波动影响较大)。

从运行能耗成本看,由于 240 V 直流设备和模块化 UPS 的工作效率相近,电源设备自身的能耗及由此消耗的制冷设备能量也较为接近。

从设备的维护成本看,影响较大的主要是故障模块的整体更换费用,以目前的产品成熟度及工作稳定性比较,模块化 UPS 的功率模块略逊于 240 V 整流模块,故前者的维护成本会相对较高。

240 V 直流设备和模块化 UPS 的成熟产品在数据中心的應用时间普遍低于 4~5 年,设备有效使用年限有待进一步观察。假设两者的生命周期相等,则供电能力相近的单套 240 V 直流系统和单套模块化 UPS 在其全生命周期内的总成本相差不多。当为了提高供电系统的可用度,采用双总线的模块化 UPS 时,电源设备的建设投资及其维护成本会增加一倍,假设电源设备的有效使用年限为 10 年,10 年内因故障而需更换一半数量的 240 V 整流模块和 UPS 功率模块,那么双总线模块化 UPS 供电系统(包含服务器机架)的全生命周期总成本会比 240 V 直流系统高出 15%~25%。

5 数据中心应用中值得关注的问题

作为替代传统塔式 UPS 的新型供电模式,240 V 直流系统和模块化 UPS 在数据中心应用中除了必须遵循已发布实施的行业标准《通信用模块化不间断电源》(YD/T2165-2010)、《通信用 240 V 直流供电系统》(YD/T2378-2011)及《通信用 240 V 直流供电系统维护技术要求》(YD/T2556-2013)外,还有以下问题值得关注。

(1)当采用 240 V 直流系统供电,对 IT 设备进行上电前的直流供电适应性测试时,不仅要关注其是否能使用直流电源,还要关注其是否可在 240 V 供电系统电压波动范

围(204~288 V)内正常工作。曾经发生过某型号交换机在 240 V 供电系统浮充供电方式下运行正常,但转入均充电方式时,该交换机因电源模块进入保护模式而宕机,从而造成业务中断。

(2)240 V 直流系统的可靠性很高,当电源设备输出正负母排短路时,系统无法像模块化 UPS 那样,通过切换至外接旁路将故障 UPS 设备隔离,从而快速恢复临时供电。为了避免这种情况,可采用两套直流系统各引出一路给双路 IT 设备供电的方式。由于每套直流系统的整流模块在配置时均包括电池充电功率及冗余备份部分,故可以利用此特性将 3 套直流系统进行组合,两两互为备份对负载进行双路供电。该模式无需成倍增加投资,但可实现真正的双路供电。

(3)通过对安装在数据中心机房的部分厂商的模块化 UPS 进行性能测试,得出了一些目前行业标准中未涉及的测试结果。由于行业标准未做规定,各设备生产厂商的产品性能可能会有偏差,但相关结果可为数据中心运营者进一步了解该类电源设备性能提供参考。

- 旁路转逆变时的回切系数:模块化 UPS 因过载转旁路,而后逐步卸除部分负载,只有当负载率低于 0.85~0.9 时,UPS 才能从旁路状态切回逆变状态。
- 对电池的充电能力:电池放出部分容量后,市电恢复并让模块化 UPS 输出带满载,测试此时对电池的充电情况,发现充电电流接近于 0,即功率模块中的整流电路容量未包含电池充电部分。
- 带载能力:功率模块的可输出容量与负载的功率因素相关。如额定容量为 20 kVA 的功率模块带 16 kW 的纯阻性负载时,显示为 100%负载率,带功率因素 0.92~0.94(容性)的 IT 设备后,当负载容量为 16~17 kVA 时,功率模块显示 100%的负载率。

上述测试结果意味着在数据中心机房的实际应用中模块化 UPS 的功率模块无法按其额定容量带满负载正常运行;旁路逆变互切换功能要关闭 UPS 承接的部分服务器负载才能实现;电池放电后,由于功率模块输出全部用来给服务器供电,无法完成电池的充电任务;当前绝大多数服务器的功率因素都呈 0.92~0.94 容性特征,而在此应用场景下,功率模块的带载能力下降到其额定容量的 80%~90%。

(4)从近年来的统计数据看,部分厂商的模块化 UPS

的功率模块故障率与模块的进风温度及长期负载率密切相关,当进风温度超过 35℃、负载率超过 70%时,功率模块的故障率成倍增长。因此运行维护时要特别注意功率模块散热风扇的完好性以及进排风滤网的清洁。

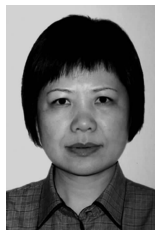
(5)240 V 直流系统的整流模块配置要求在《通信用 240 V 直流供电系统》(YD/T2378-2011)中已有明确规定:按系统最大输出电流,采用 $N+1$ 冗余配置,其中 N 为主用,包括对负载供电及对电池充电, $N \leq 10$ 时,1 为备用, $N > 10$ 时,每 10 个备用 1 个。由于冗余整流模块处于热备份工作状态,且所有整流模块均分负载,故此项规定事实上确定了该系统安全运行的带载率上限。而目前模块化 UPS 的功率模块冗余度配置尚无相关标准,综合考虑对模块化 UPS 性能测试的结果以及功率模块故障率大小与其长期带载率密切相关等因素,笔者认为负载的设计容量应低于所有功率模块总额定容量的 60%,供电系统的安全性会相对较高。

6 结束语

相对于传统的塔式 UPS,240 V 直流系统和模块化 UPS 在数据中心的应用时间相对较短。当前,各生产厂商正在不断完善电源设备的性能,IT 设备生产厂商也在完善 IT 设备电源模块的性能及对供电电源的要求。可以预计,

在数据中心应用模块化配置的电源设备是大趋势,而 240 V 直流系统和模块化 UPS 各具特点,必定会共存相当长的一段时间。作为数据中心的运营者,不断总结积累这两种供电系统的运行经验,有助于正确选择合适的供电系统,并提升其安全性、经济性及可维护性,从而保障数据中心的正常运行。

[作者简介]



胡燕,女,中国电信股份有限公司上海分公司副总工程师,主要负责科技发展和管理工作,并从事通信行业节能减排技术的研究和应用实践工作。



娄洁良,男,中国电信股份有限公司上海分公司高级专业工程师,主要研究方向为数据中心基础设施及节能减排技术。

(收稿日期:2013-01-05)

(上接第 133 页)

电源空调和机房环境的监控管理系统,必须要与时俱进,尽一切可能满足维护人员的需求。

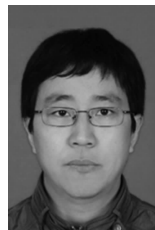
被需要的不仅仅是一个简单的动环监控系统,按照维护体制改革的需求,未来需要一个统一的动力维护管理平台。不仅局限于电源和空调设备的远程监控,而且应当利用这个平台有效地实现通信局站电源空调设备的监控和维护,例如资源管理、能耗统计、维护作业计划、机房安防等功能,从而有效地提高通信电源专业维护的水平和效率。这都要求尽早确定 LSC 和 PSC 的建设规范和具体要求。

参考文献

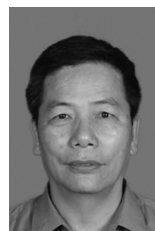
- 1 YD/T 1363.1-2005. 通信局(站)电源、空调及环境集中监控系统,2005
- 2 吴晓成,侯福平. 服务器虚拟机技术在通信机房监控系统的应用. 中国通信学会 2013 年中国通信能源会议论文集,北京,中国,2013

- 3 刘云. 论全方位动力监控. 电信科学,2012,28(5A)

[作者简介]



宋亚军,男,中国电信股份有限公司连云港分公司网络操作维护中心工程师、电源空调主管,目前主要从事通信电源设备及动环监控系统的维护管理工作。



侯福平,男,中国电信股份有限公司广东研究院高级工程师、高级项目经理,主要从事通信电源设备及通信局站动环监控系统的技术研究、技术支撑工作。

(收稿日期:2013-12-19)