

地铁弱电系统集中式UPS并机共用电池组方案优化

刘艺超

(科华数据股份有限公司, 福建 厦门 361000)

摘要: 地铁弱电系统 UPS “1+1” 并机冗余集中供电方式是近年来各地地铁的应用趋势。UPS 并机冗余共用电池组方案具有单台 UPS 故障退出并机系统后负载后备电池供电时间保持不变的优势, 可节省电池投资, 减少电池安装空间、地板承重及电池维护工作量, 不少城市地铁线路已在应用。常规的 UPS 并机共用电池组方案, 当有 UPS 的整流器或逆变器发生故障时, UPS 易退出并机系统, 使负载失去供电冗余保障。提出了一种优化的 UPS 并机共用电池组方案, 通过将 UPS 的整流器与逆变器积木式的组合, 可以显著地提升 UPS 并机共用电池组系统的可靠性。该优化方案已经在杭州地铁 7 号线专用通信系统进行多工况测验验证, 方案可行, 具有创新性, 得到用户的肯定。

关键词: 集中式 UPS; 并机; 共用电池组; 方案优化

Optimization of centralized UPS parallel operation sharing battery pack in metro extra-low voltage system

LIU Yichao

(Kehua Data Co., Ltd., Xiamen 361000, China)

Abstract: The “1+1” parallel UPS centralized power supply in metro extra-low voltage system is the application trend of metro in recent years. The scheme of parallel UPS shared battery pack has the advantage that battery discharge time remains unchanged after one of UPS fails to exit the parallel system. It can save battery investment, reduce battery installation space, floor load bearing and battery maintenance workload, and has been applied in many metro lines. In the conventional parallel UPS sharing battery pack scheme, when the rectifier or inverter fails, UPS is easy to exit the parallel system, which makes the load lose the power supply redundancy. An optimized scheme of parallel UPS shared battery pack is presented, which can significantly improve the reliability of parallel UPS shared battery pack system through the combination of UPS rectifier and inverter. The optimization scheme has been tested and verified in the special communication system of Hangzhou Metro Line 7. The scheme is feasible and innovative, and praised by users.

Key words: centralized UPS; parallel operation; shared battery pack; scheme optimization

0 引言

地铁弱电系统主要有通信、信号、ISCS、FAS、ACS和BAS等系统, 早期均采用UPS分散供电方式, 该方式存在以下不足: 每个系统各配

置一套中小功率的UPS, UPS容量使用率低, 设备总和占地面积大, 且电池配置浪费, 经济性较弱。各系统使用不同厂家或不同规格型号的UPS, 维护管理不便, 备件也不通用。各系统多

采用单机UPS，UPS无冗余，系统供电可靠性较弱。基于这些不足，近些年各地城市新建的地铁线路，UPS集中供电方式成为主流方案。不同城市地铁UPS集中供电整合的系统不大一致，因为信号系统的特殊重要性，信号系统较少被纳入集中供电范畴。专用通信系统作为地铁通信系统中最重要的系统，包含专用电话子系统、广播子系统、视频监控子系统和乘客信息子系统等众多子系统，负载容量大，所以专用通信系统通常都纳入集中供电范畴^[1-2]。

对于UPS分散供电方式，UPS故障只影响自身系统，但对于集中供电方式，UPS故障则影响众多系统，影响面大，所以对于UPS集中供电方式，多数城市地铁采用UPS“1+1”并机冗余的配置方案，以提高供电的可靠性。

1 UPS并机冗余配置独立电池组方案

对于UPS“1+1”并机冗余方案，电池组传统的配置方法是每台UPS各配置50%容量的电池组，当市电正常时，每台UPS给各自的电池组充电，同时两台UPS输出均分负载。系统拓扑如图1所示。

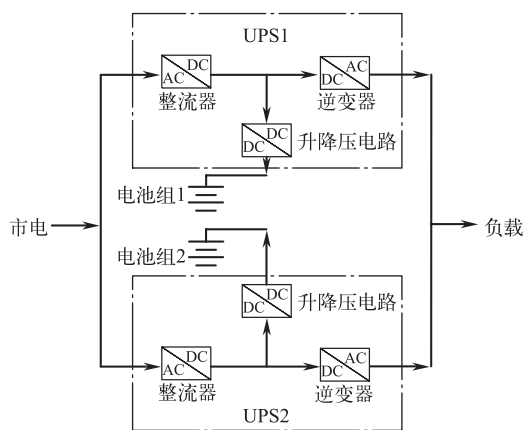


图1 UPS并机分立电池组方案

Fig. 1 UPS parallel discrete battery pack scheme

如果其中一台UPS发生逆变器故障，比如UPS1逆变器故障，则UPS1会退出并机系统，只剩下UPS2独立给负载供电，市电断电后负载的后备时间会减少一半，这是因为连接在UPS1端的电池组无法被UPS2利用。

为解决单机UPS故障造成电池组利用率减半的问题，早在十年前，一些城市地铁线路开始了UPS并机共用电池组方案的应用尝试，比如在杭州1号线、成都1号线和2号线、沈阳2号线以及昆明6号线这些线路的专用通信系统，均采用UPS“1+1”并机冗余共用电池组方案^[3]。近些年招标的线路，比如郑州6/10/17号线、杭州3/7/8号线和绍兴1号线的专用通信系统，也要求采用UPS并机共用电池组方案。

2 常规的UPS并机共用电池组方案

常规的UPS并机共用电池组方案，当市电正常时，两台UPS均分负载，同时共用给电池组充电。当UPS1因逆变器故障退出并机系统后，电池组全部给UPS2使用，市电断电后负载的后备时间不变，电池组利用率最大化，如图2所示。

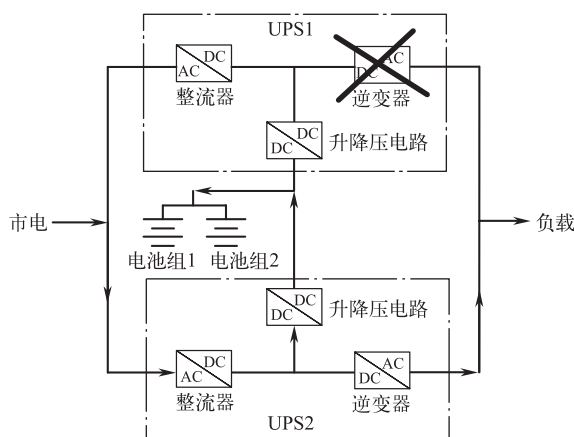


图2 常规的UPS并机共用电池组方案（UPS1逆变器故障）

Fig. 2 Conventional UPS parallel shared battery pack scheme (UPS1 inverter fails)

但如果是整流器故障，常规的UPS并机共用电池组方案的不足就显现出来了。常规的UPS并机共用电池组方案，当UPS1整流器故障时，目前业界UPS有两种做法，其中一种是UPS2工作于市电逆变态，UPS1工作于电池逆变态，两台UPS共用给负载供电，如图3所示。但是通常UPS2对电池组的充电电流小于电池组对UPS1的放电电流，最终电池组能量会放空，UPS1还是会退出并机系统。如果此时不幸发生市电断电，那UPS2也无电池电量可用。电池是保障负载不

因市电异常而意外掉电的备用能源,对于UPS并机冗余系统,如果还有UPS可工作于市电态,一般来说是不应该采用电池放电的。

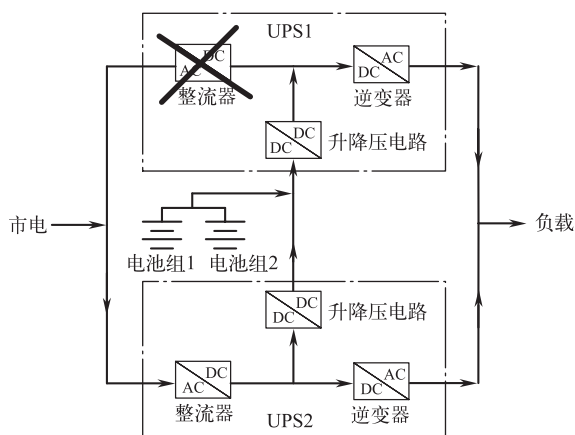


图3 常规的 UPS 并机共用电池组方案 (UPS1 整流器故障)
Fig. 3 Conventional UPS parallel shared battery pack scheme
(UPS1 rectifier fails)

所以有些UPS厂家在UPS1整流器故障情况下,为了保证电池不放电,会关闭逆变器,使UPS1退出并机系统,所有负载由UPS2承担,此时UPS无冗余,降低了系统使用的可靠性。

当发生UPS1整流器故障,并且UPS2逆变器发生故障时,常规的UPS并机共用电池组方案,系统已转换到UPS1电池后备供电,当电池能量耗尽时,负载将转到有掉电风险的旁路态下供电,如图4所示。

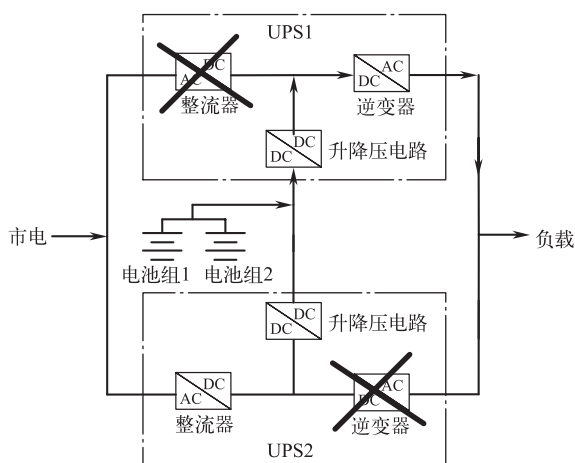


图4 常规的 UPS 并机共用电池组方案
(UPS1 整流器故障且 UPS2 逆变器故障)
Fig. 4 Conventional UPS parallel shared battery pack scheme
(UPS1 rectifier fails and UPS2 inverter fails)

3 UPS并机共用电池组的优化方案

UPS“1+1”并机冗余系统在正常情况下,每台UPS的负载率不超过50%,也就是组成一台UPS的整流器、逆变器和升降压电路(用于逆变器直流母线给电池充电或电池升压给逆变器直流母线供电)都具有满功率运行能力,即使一台UPS故障退出并机系统,另一台UPS也足以承担所有负载。基于此,本文提出一种UPS并机共用电池组的优化方案,通过将两台UPS的整流器和逆变器积木式的组合,当其中一台UPS的整流器或逆变器故障时,还可以共享利用另一台UPS的整流器或逆变器,最大化地确保并机UPS系统主要功能部件的冗余,提高系统的可靠性。

优化后的积木共享式的UPS并机共用电池组方案如图5所示,当市电正常时,两台UPS均分负载,同时共用给电池组充电,这与常规的UPS并机共用电池组方案一致。

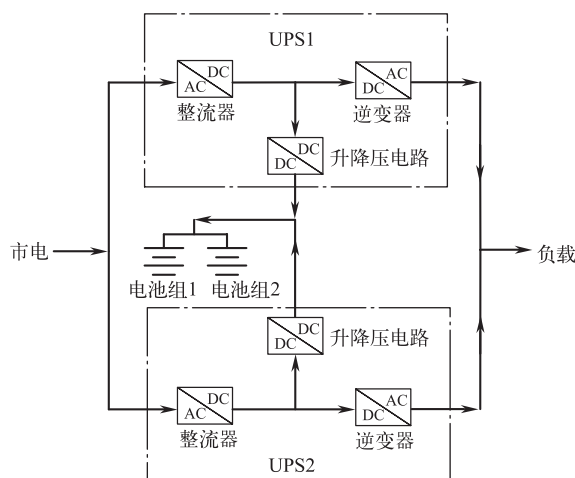


图5 优化的 UPS 并机共用电池组方案 (两台 UPS 均正常)
Fig. 5 Optimized UPS parallel shared battery pack scheme
(both UPS are normal)

当发生UPS1整流器故障时,优化后的积木共享式方案,UPS2的整流器将交流市电整流为直流电后,除了给UPS2的逆变器供电外,还给电池组充电,并且通过UPS1的双向DC-DC升降压电路给UPS1的逆变器供电,两台UPS的逆变器共同为负载供电,实现了逆变器的冗余备份,如图6所示。

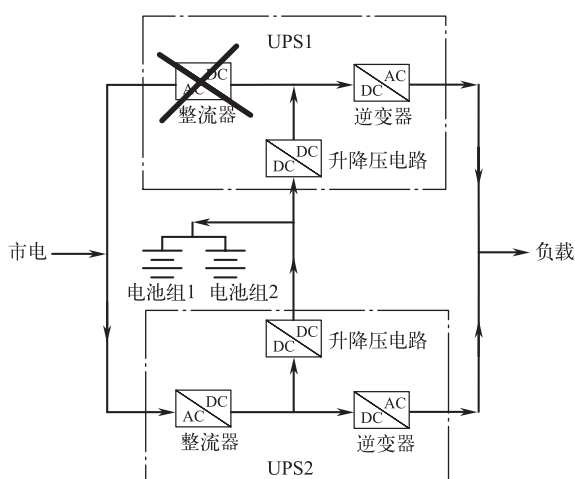


图6 优化的UPS并机共用电池组方案 (UPS1整流器故障)
Fig.6 Optimized UPS parallel shared battery pack scheme
(UPS1 rectifier fails)

当发生UPS1整流器故障，并且UPS2逆变器故障时，优化后的积木共享式方案，UPS2的整流器将交流市电整流为直流后，给电池组充电，并且通过UPS1的双向DC-DC升降压电路给UPS1的逆变器供电，UPS1的逆变器为负载提供纯净交流电。通过积木式的搭建，UPS2的整流器与UPS1的逆变器组成了一台完整的UPS，确保负载仍在市电供电模式下运行，避免启用后备电池供电，如图7所示。

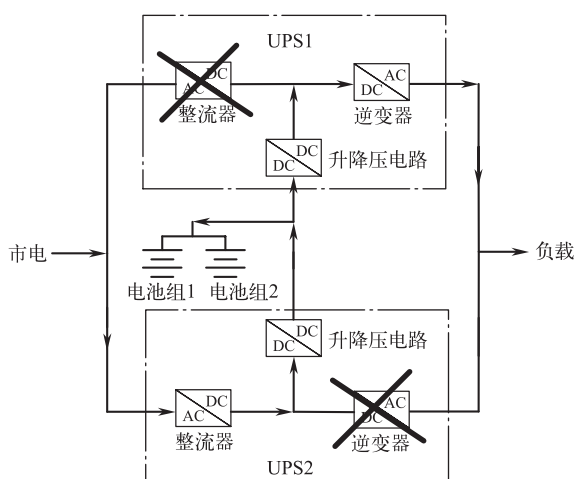


图7 优化后的UPS并机共用电池组方案
(UPS1整流器故障且UPS2逆变器故障)
Fig. 7 Optimized UPS parallel shared battery pack scheme
(UPS1 rectifier fails and UPS2 inverter fails)

4 结束语

地铁弱电系统集中式UPS“1+1”并机冗余共用电池组方案因可节省电池投资，不少城市地铁线路已在应用。本文提出了一种优化的UPS并机共用电池组方案，通过将UPS的整流器与逆变器积木式的组合，可以解决常规的UPS并机共用电池组方案当有UPS的整流器或逆变器发生故障时，UPS易退出并机系统造成负载供电无冗余的不足。该优化方案已经在杭州地铁7号线专用通信系统进行多工况测验验证，方案可行，具有创新性，得到用户的肯定。EA

参考文献

- [1] 刘沃鸿. 集中式与分布式UPS在地铁弱电系统中的应用对比与优化建议[J]. 工程技术研究, 2020(14): 38-41.
- [2] 钱信臣. 城市轨道交通弱电电源整合方案研究[J]. 通信电源技术, 2018, 35(11): 250-254.
- [3] 郑强. 地铁并机共用电池组优化方案[J]. 自动化技术与应用, 2012, 31(3): 95-98.

作者简介



刘艺超

刘艺超（1987—），男，硕士，工程师，主要从事电力电子变换器的开发与推广。
(收稿日期：2021-07-07)