

文章编号:1671-251X(2016)05-0088-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.05.020
牛建娜,周友,吴峰.煤矿通风机铅炭电池储能系统[J].工矿自动化,2016,42(5):88-91.

煤矿通风机铅炭电池储能系统

牛建娜, 周友, 吴峰

(北京低碳清洁能源研究所, 北京 102209)

摘要:为了提高煤矿供电的可靠性并确保煤矿安全生产,介绍了用作煤矿通风机应急电源的铅炭电池储能系统,详细描述了储能系统的结构、与现有配电网的接入方式、系统功能、启动及退出策略等。该系统在煤矿配电网掉电的情况下可为通风机提供1 h的电力支撑,可为煤矿日常运营提供安全可靠保障。

关键词:煤矿通风机; 铅炭电池; 储能系统; 应急电源

中图分类号:TD441 文献标志码:A 网络出版时间:2016-04-29 11:35

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20160429.1135.020.html>

Lead-carbon battery energy storage system for coal mine ventilator

NIU Jianna, ZHOU You, WU Tong

(National Institute of Clean-and-Low-Carbon Energy, Beijing 102209, China)

Abstract: In order to improve reliability of power supply and ensure safety production of coal mine, a lead-carbon battery energy storage system used as emergency power supply for coal mine ventilator was introduced, and system structure, grid access way, system functions, start and quit strategy were described. The system can provide one hour power supply to coal mine ventilator when there is a local grid failure, and guarantee regular operation and safety production for coal mine.

Key words: mine ventilator; lead-carbon battery; energy storage system; emergency power supply

0 引言

矿井通风主要依赖于矿井通风机的持续稳定工作,按服务范围 and 通风能力,矿井通风机分为主要通风机、局部通风机和辅助通风机。其中主要通风机为全矿提供新鲜风流,局部通风机为系统的局部开采工作面提供新鲜风流。当局部通风机突然停风时,会造成工作面瓦斯积聚。如果瓦斯浓度达到爆炸界限,并碰到点燃瓦斯的火花,就可能引发瓦斯爆炸事故^[1]。调查结果表明,近年来约70%煤矿特别重大事故都是由瓦斯爆炸引起的^[2]。

煤矿主要通风机与局部通风机的供电是煤矿井下供电的重要环节,供电稳定性直接关系到掘进工作面的安全生产,对于高瓦斯和煤与瓦斯突出的矿

井尤为重要。这就要求供电系统除了要向通风机提供高质量的电源外,还要保证供电的连续性^[3]。《煤矿安全规程》明确要求,掘进工作面必须做到“双电源双风机”。然而,一般煤矿只有一个变电所供电,井下供电网络也只有一个,当发生大面积停电事故或者由于负载原因导致停电事故时,2路电源也无济于事^[4]。因此,为了提高煤矿通风机的供电可靠性并确保煤矿安全生产,增设独立于电网的应急电源点非常必要。电池储能技术作为一种新型的能源存储技术,具有可靠性高、启动迅速以及功能配置灵活等特点。尤其是铅炭电池作为一种新型的储能电池,具有浮充寿命长、安全性好、充放电倍率高、可靠性高、功能配置灵活等优点,所以,非常适合作为煤矿应急电源使用。

收稿日期:2015-09-30;修回日期:2016-03-10;责任编辑:胡娴。

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2014AA052302-1);神华集团科技创新项目(ST930014SH01)。

作者简介:牛建娜(1981—),女,河南洛阳人,工程师,硕士,主要从事储能系统的集成与应用等方面的研发工作,E-mail:niujianna@nicenergy.com。

1 储能系统需求分析

神华乌海能源有限责任公司平沟煤矿使用的主要通风机与局部通风机在全矿失电的情况下,都会停止运行而引起井下通风不畅。如果主要通风机在10 min内恢复供电,就可以满足瓦斯不超限的要求;而局部通风机接近工作面,必须在5 s内恢复供电,否则就有瓦斯超限的可能。为了提高煤矿通风机用电的可靠性,就需要为其增设独立于现有用电系统的独立应急电源点,只有这样才能避免因断电造成停风问题,减少瓦斯爆炸事故。

考虑到煤矿项目的特殊性,应急电源的接入首先要考虑不影响原有煤矿配电网的安全性及可靠性,其次要发挥应急电源的核心功能,所以储能系统的运行必须独立于原有配电网,并且当矿井突然断电后,需在5 s内迅速启动,给主要通风机和局部通风机供电,以满足瓦斯排放及通风需要。同时,储能系统的启动与退出都要满足配电系统手动或者自动重构的基本要求,使应急电源的使用方便、稳定、可靠。

本文提出了用作煤矿通风机应急电源的铅炭电池储能系统,并介绍了储能系统架构设计、模块功能以及系统在2种主要工作模式(在线模式及应急模式)下的控制策略。

2 储能系统设计

2.1 储能系统架构及功能

作为应急电源的铅炭电池储能系统由8套300 kW·h的储能电池组和相应的8套功率为250 kW的储能双向变流器(PCS)组成,如图1所示。其中PCS直流侧直接接入储能电池组,交流侧接入6 kV煤矿配电网。

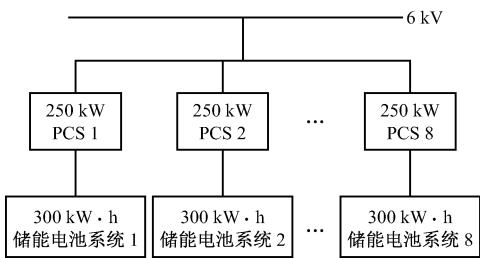


图1 铅炭电池储能系统组成

铅炭电池储能系统在煤矿配电网的接入位置如图2所示。该系统有2种运行模式:在线模式(电网正常时的运行模式)和应急模式(电网断电时的运行模式)。在线模式运行时,PCS通过电网对铅酸电

池进行浮充控制,并提供必要的自动维护;在应急模式运行时,储能系统作为应急电源通过6 kV应急段母线为主要通风机和局部通风机提供电力支撑。

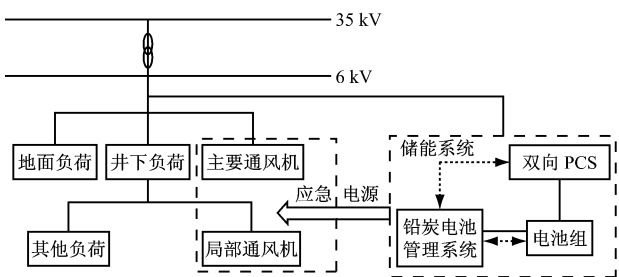


图2 储能系统在煤矿配电网中的接入位置

2.2 铅炭电池及电池组

2.2.1 铅炭电池

铅炭电池是一种融合了铅酸电池和超级电容器技术特点的新型电池,其既具有普通铅酸电池的特性,又具有电容特性。铅炭电池内部结构如图3所示。

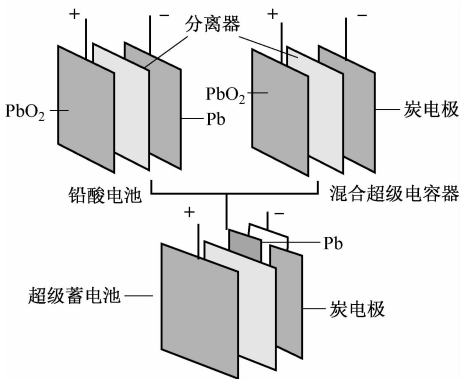


图3 铅炭电池内部结构

在铅酸电池中使用炭材料不仅发挥了其电容性能,可在高倍率充放电时起到缓冲作用,而且能够提升活性物质的导电性,降低电池的充电电压。此外,还可以提高活性物质铅的利用效率,并抑制硫酸铅晶体的生长变大。这就使得铅炭电池既有铅酸电池的能量特点,又具有超级电容器的功率特点^[5-6]。

与铅酸电池相比,铅炭电池有充电快、放电功率大、寿命长、性价比高、使用安全稳定等优点,所以,非常适用于储能系统或混合动力启停系统。

2.2.2 铅炭电池组

矿井主要通风机功率为704 kW,局部通风机功率为222 kW。在煤矿断电时,电池组需要支撑主要通风机及局部通风机30 min的用电需求,以保证井下人员安全转移。

每套电池组由375块2 V/400 A·h铅炭电池串联组成,单套电池组的额定容量为375×2 V×

$400\text{ A}\cdot\text{h}=300\text{ kW}\cdot\text{h}$,所以,系统的总容量为 $2.4\text{ MW}\cdot\text{h}$ 。所选单体电池 60 min 的放电水平为 $1.9\text{ V}/169.8\text{ A}$,则在应急模式下,每套铅酸电池容量为 $375\times 1.9\text{ V}\times 169.8\text{ A}=120.98\text{ kW}\cdot\text{h}$,电池系统的总体容量为 $120.98\text{ kW}\cdot\text{h}\times 8=967.84\text{ kW}\cdot\text{h}$ 。因储能系统所选用的 PCS 效率为 96% ,所以,电池组可提供的有效容量为 $967.84\times 0.96=929.1\text{ kW}\cdot\text{h}$ 。这说明储能系统可以支撑主要通风机和局部通风机满负荷工作 1 h ,满足了系统供电时间大于 30 min 的需求。

2.3 铅炭电池管理系统配置

铅炭电池管理系统(BMS)作为储能系统的重要组成部分,是用于监测、评估及保护电池运行状态的电子设备的集合^[7-10]。铅炭电池管理系统为 3 级结构,分别由电池组管理单元(BMU)、主电池管理系统(MBMS)、电池堆管理系统(BAMS)组成。其中 BMU 具有电池电压采集、多点温度采集、电池组均衡控制等功能。MBMS 负责管理一个电池簇中的全部 BMU,具备电池簇的电流采集、总电压采集、漏电检测功能,同时可以在电池组状态发生异常时驱动断开高压功率接触器,使电池簇退出运行,保障电池使用安全。BAMS 负责管理一个 PCS 对应电池系统中的全部 MBMS,与就地监控系统通信,上报全部电池模拟量采集的信息,并在电池系统异常时上传报警信号,使 PCS 转入待机状态,保护电池使用安全。

单套铅炭电池组管理系统结构如图 4 所示。该系统共包含 21 个 BMU、1 个 MBMS 及 1 个 BAMS。其中 20 个 BMU 管理由 16 个单体电池串联的电池组,最后 1 个 BMU 管理由 9 个电池串联的电池组。

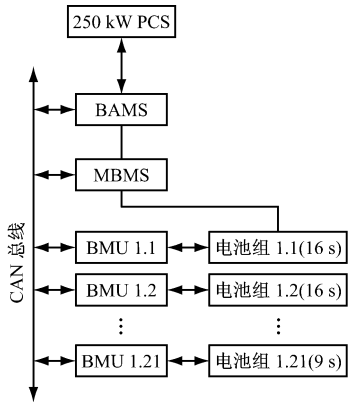


图 4 单套铅炭电池组管理系统结构

2.4 PCS 设计

PCS 是实现直流储能电池与交流电网之间双向能量传递的关键设备。本储能系统中 PCS 总功率为 2 MW ,由 8 套额定功率为 250 kW 的单机并联组成,每套 250 kW 的 PCS 对应一套 $300\text{ kW}\cdot\text{h}$ 储能电池组。储能系统的 PCS 主回路拓扑采用单级式三相桥结构设计,PCS 单元的交流侧通过双分裂升压变压器(每 2 台 PCS 共用 1 个变压器)与平沟煤矿 35 kV 变电所的 6 kV 母线相连,直流侧与串联成组的铅炭电池相连。

当储能系统以在线模式运行时,PCS 可以在线监测单体电池的电压、蓄电池组的组端电压、充放电电流和温度等,并对储能电池组进行浮充控制。当煤矿配电网发生故障、储能系统转入应急模式时,PCS 将通过煤矿 35 kV 变电所的 6 kV 母线为负荷供电,同时配电网中相应的开关会通过软硬件互锁,以保证应急电源系统只向重要负荷供电。

3 储能系统运行控制策略

煤矿配电网运行正常时,储能系统保持在线运行状态。当煤矿配电网发生故障时,储能系统作为通风机的应急电源,将闭合一系列沿线的断路开关而进入应急模式,对重要负荷供电。当煤矿电网恢复后,储能系统将经过同样的智能判断策略,退出应急模式并转入在线模式。为保障储能系统的启动及退出安全可靠,2 种运行模式的切换都可通过手动或者自动 2 种手段来完成。储能系统从在线模式切换到应急模式的流程如图 5 所示。

4 结语

设计了一套新型的储能系统作为煤矿通风机的应急电源,在煤矿掉电时为煤矿主要通风机和局部通风机供电。该系统独立于煤矿原有的配电网,可以在煤矿断电时提供可靠的第三方电源,为重要负荷提供电力支撑,为煤矿的安全生产提供了强有力的保障。

参考文献:

[1] 李斌. 浅谈煤矿井下局部通风机专供电源的发展[J]. 阳煤科技,2008(3):43-45.
[2] 国家安全生产监督管理总局. 煤矿安全规程[M]. 北京:煤炭工业出版社,2011.
[3] 王磊,陈杰,肖瑞玲,等. 煤矿井下用蓄电池安全性能分析及其控制对策[J]. 煤炭科学技术,2009,37(8):57-60.

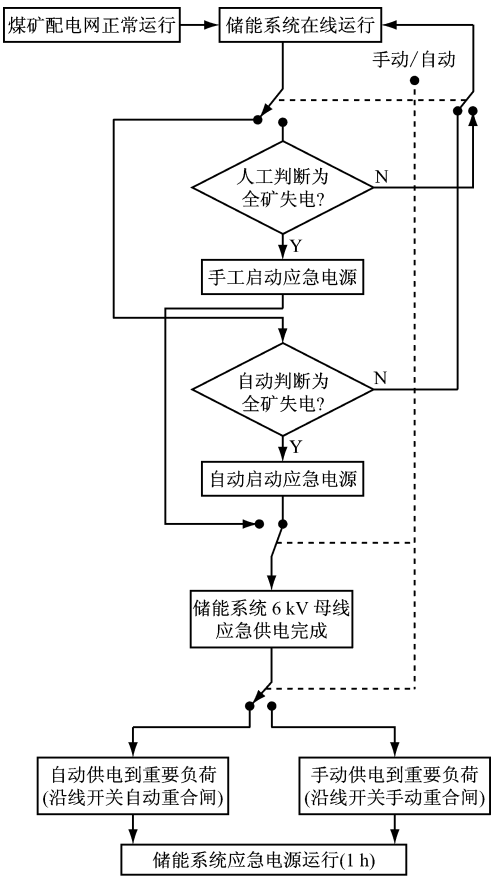


图 5 储能系统模式切换流程

[4] 卢其威,程红,王聪. 增设局部通风机应急电源的思考及可行性分析[J]. 煤炭科学技术, 2008, 36(3): 71-73.

[5] 张浩,曹高萍,杨裕生. 炭材料在铅酸电池中的应用[J]. 电源技术, 2010, 34(7): 729-733.

[6] 仝鹏阳,赵瑞瑞,张荣博,等. 铅炭电池的研究进展[J]. 蓄电池, 2015, 53(5): 241-246.

[7] 王富茜,朱振华,陈红雨,等. 铅炭电池研发中存在的问题[J]. 蓄电池, 2011, 49(2): 60-64.

[8] 刘健戈,周建华. 用电侧蓄电池储能装置的研究[J]. 电气应用, 2008, 27(13): 65-68.

[9] 李少林,姚国兴. 风光互补发电蓄电池超级电容器混合储能研究[J]. 电力电子技术, 2010, 44(2): 12-14.

[10] 裴丽娜,黄哲,董德鑫. 一种分层式储能电池管理系统[J]. 储能科学与技术, 2014, 3(4): 416-422.

[11] 宋云龙,朱卫民,陈苏祥,等. 炭材料在铅炭电池中的作用机理及其研究进展[J]. 蓄电池, 2015, 53(3): 146-150.