

机车蓄电池空气断路器故障原因分析

刘 霞, 张彦民, 郝凤荣, 王 威

(中车大连机车车辆有限公司, 辽宁 大连 116022)

摘 要: 介绍电力机车蓄电池空气断路器的作用及使用方法, 重点分析了蓄电池自动开关故障的原因, 并针对蓄电池自动开关故障原因提出了 2 种解决故障的方案: 一是改造蓄电池充电器电路来改善蓄电池自动开关闭合时的冲击电流, 延长蓄电池自动开关的电气寿命, 通过增加控制系统复位接触器来避免复位控制系统时对蓄电池断路器进行操作; 二是在控制电路中增加机械寿命更长的带直流接触器的闸刀开关, 通过操作闸刀开关来开、合蓄电池电路, 只保留蓄电池自动开关过载和短路保护的功能以延长其机械寿命。最后阐述了 2 种方法各自的优缺点, 以使用户选择合适的方案来解决机车蓄电池自动开关故障的问题。

关键词: 蓄电池; 空气断路器; 闸刀开关; 直流接触器; 电力机车

中图分类号: U269.6; TM561.2 **文献标识码:** B
doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2017.04.027

和谐系列电力机车采用 48 节 DLM170 型阀控蓄电池串联组成蓄电池组为控制负载供电。蓄电池组通过双极性空气自动开关与机车控制电路相连, 机车升弓合主断路器之前, 由蓄电池组通过蓄电池开关向机车控制负载提供电能。升弓闭合主断路器后, 蓄电池充电器启动, 为蓄电池充电并为机车控制负载供电。在机车过分相时, 辅助系统断电, 由蓄电池组维持机车控制设备的正常用电, 即便在蓄电池故障时蓄电池组的电能还能维持机车运用一段时间到车站或机务段进行维修。蓄电池自动开关除了保护控制设备短路和过载外, 还作为机车停机后断开蓄电池与机车控制负载开关使用。双极性的自动开关能保证同时断开蓄电池与机车控制负载相

连的正负线, 避免了蓄电池在停机时放电导致亏电和线路短路。

在电力机车投入运用后, 蓄电池自动开关故障频发, 且造成机车机破。

1 故障原因分析

1.1 蓄电池断路器的作用

机车蓄电池充电器将机车 APU (辅助电源) 中间直流环节 DC 750 V 电压通过高频变压器和 DC-AC-DC 变换为 DC 110 V, 输出端有电容滤波环节, 电源满足纹波 ≤ 2 V 要求。蓄电池充电器有 2 个相同的单元 UR1 与 UR2, 正常工作时冗余接触器 CTTF 处于断开状态, UR1 输出电压比 UR2 输出电压高, 二极管 VD1 处于截止状态, 这样就实现了 UR1 通过空气断路器 QA68 为蓄电池组 GB41 充电, UR2 为控制负载供电的控制单元, 详见图 1 蓄电池及蓄电池充电器原理图。当 UR1 故障时冗余接触器闭合 UR2 电源通过冗余接触器 CTTF 和蓄电池空气断路器为蓄电池供电; 当 UR2 故障时 UR1 通过二极管可以直接为控制负载供电。

当机车主断路器未闭合时, 蓄电池组通过蓄电池断路器为整车控制负载提供电能。蓄电池供电时若负载发生短路和过载, 断路器自动跳开, 蓄电池断路器

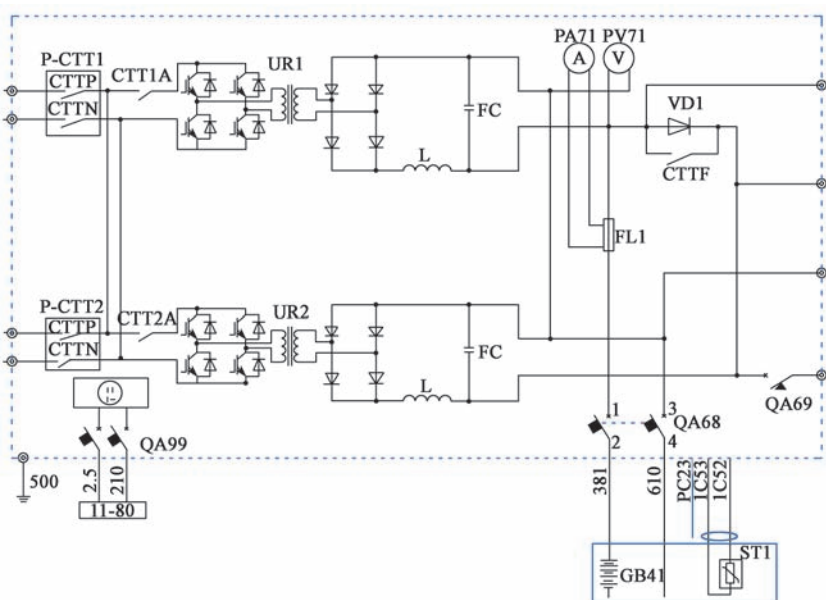


图 1 蓄电池及蓄电池充电器原理图

起过载保护和短路保护功能。另外, 蓄电池断路器还被作为机车停机后断开蓄电池与机车控制负载的开关使用, 双极性的自动开关保证能同时断开蓄电池与机车控制负载相连的正负线, 避免了蓄电池在停机时的放电导致亏电和线路短路的安全隐患。

1.2 故障原因分析

目前机车蓄电池自动断路器采用西门子 5S 系列小型断路器, 其机械寿命约为 2 万次, 电气寿命 (额定电流时闭合或分断) 约为 1 万次。由于其机械寿命和电气寿命有限, 断路器不宜当作频繁操作的开关使用。若必须使用时, 要尽量利用其机械寿命比电气寿命长 1 倍的特点, 减小操作时的电流。

由于机车启动时需要闭合蓄电池断路器来启动机车, 在机车使用过程中也会通过闭合蓄电池断路器重启机车控制系统, 机车入库后更要通过断开蓄电池断路器来切断蓄电池和控制负载的联系, 这些频繁的操作使断路器迅速达到使用寿命而出现故障。

进一步分析断路器损坏的原因, 经调查得知断路器在机车运用中平均操作次数为每天 14 次左右, 每年机车工作天数按 330 天计算, 每年断路器操作次数为 4 620 次, 也就是使用 2 年后断路器即达到其电气寿命, 但需要 4 年多才能达到其机械寿命。按检修技术规程要求, 该开关在 C3 修程 (3 年左右) 时才进行更换, 但实际使用中在 C3 修程之前会出现一定数量的断路器损坏。对损坏的断路器进行解体研究分析, 发现断路器触点有电气烧损痕迹。

通过对断路器寿命计算和对损坏的断路器进行解体分析可以判断: 机车蓄电池自动断路器在分断或闭合时有至少达到额定电流的电流通过。

机车使用的断路器额定电流为 80 A。在机车退乘时, 机车大部分控制设备已经不工作, 控制负载电流不到 10 A, 这时断开断路器基本可以认为是在空载时断开。

进一步分析图 1 电路可以发现: 为了抑制充电器纹波电流, 蓄电池充电器单元 UR1 和 UR2 输出侧均有 1 个 10 mF 的大电容 FC。在蓄电池断路器闭合时, 蓄电池会通过蓄电池断路器向滤波电容充电。充电电流公式为:

$$i = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

式中: U 为蓄电池电压; R 为蓄电池内阻和线路阻抗; C 为滤波电容。

由于蓄电池内阻及线路阻抗较小, 充电电流较大 (见图 2), 测试通过采样电阻 FL1, 其输出为电压信号, 比例为 50 A/150 mV。由图 2 可知在断路器闭合的时候充电电流峰值约为 330 A, 持续时间 2 ms。

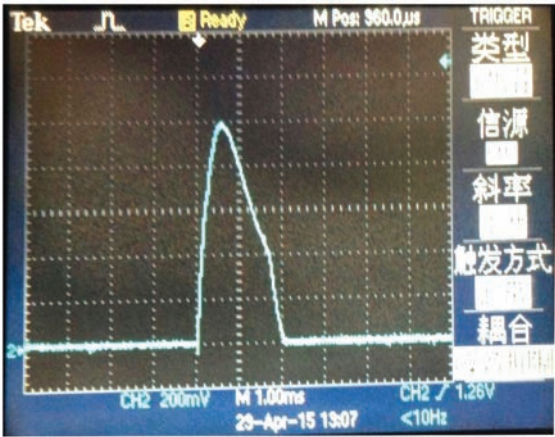


图 2 蓄电池断路器闭合时流过断路器的电流

由上可知, 蓄电池断路器故障原因有 2 个: ①断路器频繁操作; ②断路器操作时有大电流流过。

2 解决方法与对策

为了解决蓄电池断路器故障, 针对断路器操作频繁和闭合断路器的短时充电电流过大的问题, 提出以下 2 种解决方案。

2.1 加装直流闸刀开关

在既有蓄电池电路基础上加装带直流接触器的蓄电池闸刀。保护功能由断路器完成, 通断操作由蓄电池闸刀完成, 具体见图 3 加装蓄电池闸刀线路图。

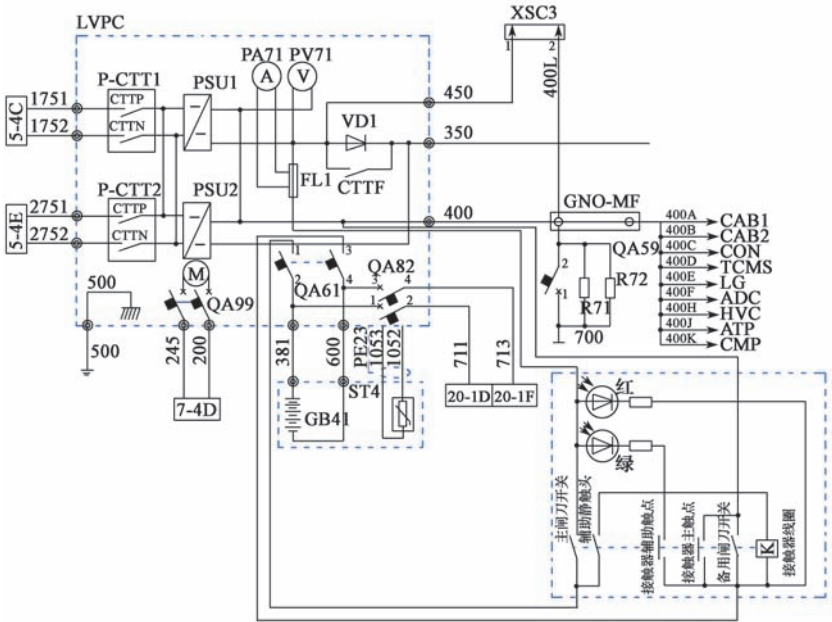


图 3 加装蓄电池闸刀线路图

在蓄电池断路器后面串联蓄电池闸刀开关, 该闸刀开关具有灭弧功能, 由一个真空直流接触器和一个不同行程的双刀开关组成 (具体结构见图 4 示意图)。当闭合蓄电池闸刀时, 主触头先闭合, 用以接通 110 V 蓄电池正极线, 此时蓄电池闸刀模块红灯亮, 蓄电池对外部负载电路正线接通但并未构成回路。随后闸刀辅助触头闭合, 此时绿灯亮, 接触器线圈得电, 接触器主触点及辅助触点闭合, 110 V 蓄电池负极线接通,

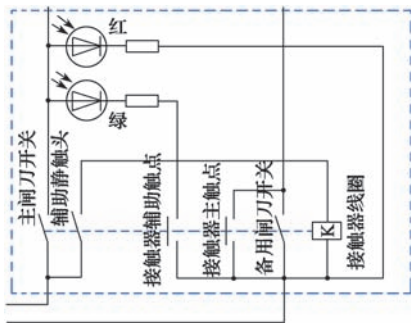


图 4 蓄电池闸刀开关结构示意图

2.2 减小断路器闭合冲击电流

为避免闭合蓄电池断路器时出现冲击电流，在蓄电池充电器电容后增加二极管，截断蓄电池断路器闭合时的瞬时冲击电流。具体如图 5 输出侧加装二极管电路图所示。

2.3 方案对比

增加蓄电池闸刀开关，只利用蓄电池断路器短路保护和过载保护的属性，避免了蓄电池断路器的频繁操作，以确保其可以长时间运用。蓄电池闸刀运用可靠，

出现故障有信号灯提示，方便检修。

增加二极管避免蓄电池断路器操作时出现冲击电流，可以将目前断路器的电气寿命由 1 万次延长 1 倍达到与机械寿命一致，保证在一个 C3 修程内不会批量地发生故障。

增加蓄电池闸刀开关方案效果好，但实施成本较高。增加二极管方案实施容易，效果较好，经济性更佳。

3 结语

通过分析蓄电池断路器故障的原因，提出了解决蓄电池自动开关故障的 2 种方案：①加装蓄电池闸刀开关；②加装二极管。所提方案为机车电路设计或既有机车改造方案提供了借鉴。

参考文献：

- [1] 铁路应用 机车车辆电气设备 第 1 部分：一般使用条件和通用规则：GB/T 21413.1—2008 [S] .
- [2] 邱关源 . 电路 [M] . 4 版 . 北京：高等教育出版社，1999.

作者简介：刘 霞（1977—），女，高级工程师，主要从事机车电气系统部件应用研究。

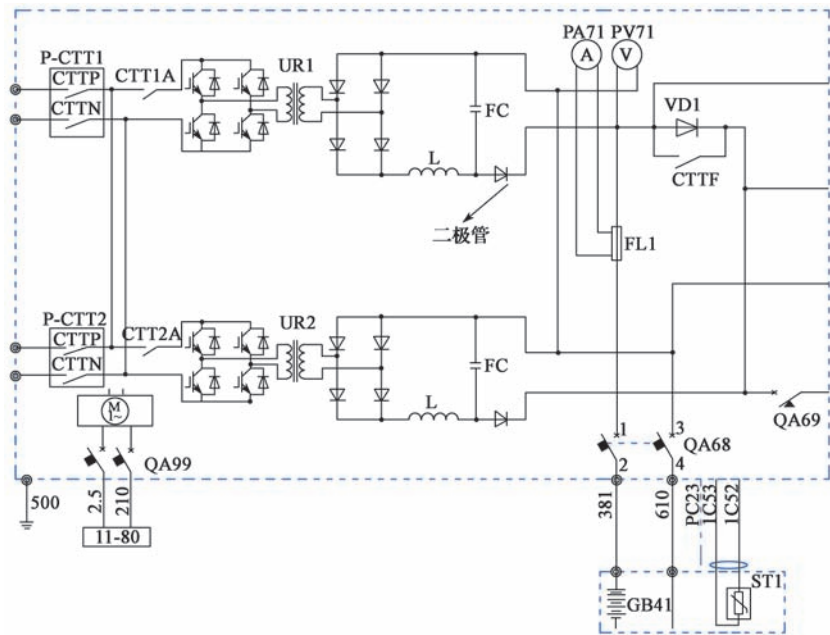


图 5 输出侧加装二极管电路图

此时蓄电池正负线均接通，外部构成回路给负载供电。最后备用闸刀开关闭合，保证在接触器出现问题时可持续供电。

当断开蓄电池闸刀时，备用闸刀开关先断开，随后辅助触头断开，接触器线圈失电，接触器主触点及辅助触点断开使蓄电池负极线分断并灭弧，最后断开闸刀主触头，保护闸刀主触头不受损伤。

动态消息

《机车电传动》不接受 电子邮件投稿的通知

我刊于 2016 年开始使用采编系统收稿，稿件全部从《机

车电传动》网站的在线投稿系统中登记，不再接受电子邮件投稿。请投稿作者到我刊官网（<http://edl.crrczic.cc/>）进行注册账号后再按照要求投稿。如遇网站异常，可与编辑部联系（0731-28498221，28498141），我们会尽快为您处理。如果给您带来不便，敬请谅解。

《机车电传动》编辑部