

某型充电电源典型故障分析及对策研究

梁洪涛¹ 王 腾¹ 陈小雷² 王陆童²

(1. 海装驻北京地区第一军事代表室, 北京 100076; 2. 北京航天发射技术研究所, 北京 100076)

摘要: 随着电动车辆在部队的广泛运用, 车辆充电电源装备越来越广, 使用次数越来越频繁, 从而造成充电装备故障频发。本文主要针对某型蓄电池牵引电机车充电电源和电瓶牵引车充电电源使用需求, 从偶然发生的电流表故障入手, 对设计原理、功能实现全面排查, 最终完成改进设计, 彻底解决充电电源使用中的一系列典型问题。

关键词: 充电电源; 故障; 改进

中图分类号: TN86; V464 **文献标识码:** A

Typical Malfunction Analysis and Countermeasure Research of A Certain Type of Charging Power Supply

Liang Hongtao¹ Wang Teng² Chen Xiaolei² Wang Lutong²

(1. First Military Representative Office of Navy Equipment Department in Beijing Area, Beijing 100076;

2. Beijing Institute of Space Launch Technology, Beijing 100076)

Abstract: With the widespread use of electric vehicles in the army, vehicle charging power is more and more widely equipped in the army, and it is used more and more frequently, thus causing frequent malfunction of charging equipment. This paper mainly focuses on the use requirements of a certain type of battery traction motor vehicle charging power supply and battery tractor charging power supply, starting from the accidental occurrence of ammeter failure, to the design principle, realizing a comprehensive investigation of the design principle and function, and finally complete the improvement of the design to completely solve the typical problems in the use of charging power supply.

Key words: charging power; failure; improvement

1 引言



图1 电流表损坏后情况

2012年起某型蓄电池牵引电机车充电电源和电瓶牵引车充电电源陆续交用于两型装备车辆充电, 为大

型装备提供牵引动力。至2020年一套充电电源电流表不亮(见图1), 电源其它指示灯正常。经系统分析认为电流表不适应沿海的高温、高湿环境, 造成损坏所致, 最初解决措施为更换电流表。后经深入分析排查发现该两型车辆充电电源在长时间使用后, 暴露出电流表和电压表损坏现象突出、调压功能设计不合理、自动断电功能时好时坏、蓄电池充电存在发热着火隐患等一系列故障, 严重影响使用。为彻底排除装备故障, 从设计源头入手, 及时对装备设计原理、工作机制、使用环境进行了全面复查和分析, 找准问题原因, 采取可行措施, 提高装备安全性; 另外针对实用需求优化设计, 提高装备的可靠性和实用性^[1-2]。经充分的试验验证和一年多实际使用, 证明改进方案合理可行,

改进措施有效。

2 典型故障分析及更改措施

蓄电池牵引电机车充电电源和电瓶牵引车充电电源交付时间较长,使用中出现各种故障概率不断增大,为保障装备质量良好,必须及时评估装备状态,解决各种问题,确保实际使用需要。通过现场检查、设计原理复查和全面的分析评估,蓄电池牵引电机车充电电源和电瓶牵引车充电电源充电电源装备中出现的以上几类问题是目前装备故障的主要原因,严重影响装备的使用性能,需要及时完善设计,从源头彻底消除隐患。

2.1 调压功能简化

原设计中的调压电路主要作为电源研制初期便于调试,同时兼顾用户不同电压的电池充电。实际使用过程中全部定压充电,专电源专用,调压功能设计的输出控制电路、电压表、电流表成为多余电路,目前设备检定要求多,电压电流表临近使用寿命故障率较高,增加了维护保养工作,降低了系统可靠性。

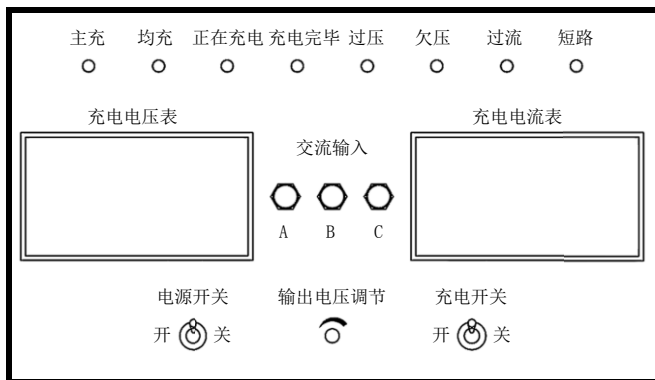


图2 更改前的面板图

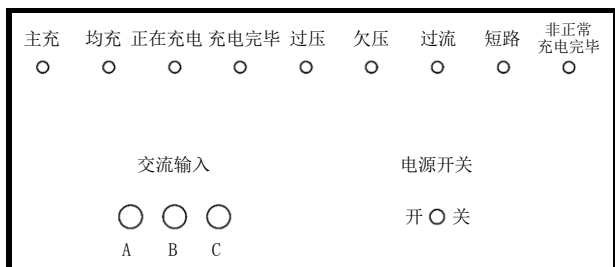


图3 更改后的面板图

充电电源改为固定输出电压后,将不需调压,取消调压电位器,同时电压固定后,电压电流显示需求相对降低,考虑表头需年检、易损原因,取消电压表和电流表。原面板图见图2,改进后面板图见图3。改

进完成后可使充电电源操作简化,无需确定输出电压,电源开机就给电池充电,“正在充电”和“主充”指示灯亮,电源充电到设定均流电压点后,“主充”指示灯灭,“均充”指示灯亮,“正在充电”亮,计时到设定延时时间,充电电源停止充电。改进前电路图见图4,改进后固定输出电路见图5。通过此更改简化了设计电路和控制逻辑,不存在技术风险^[3]。

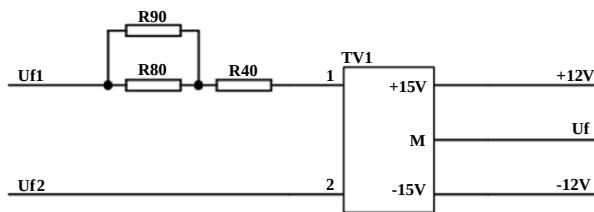


图4 调压电路原设计（部分）

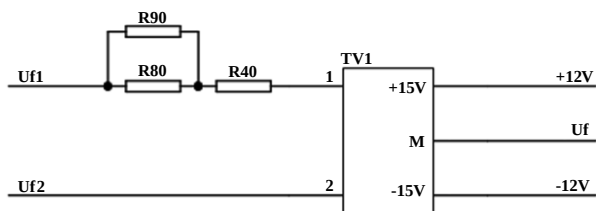


图5 改进后固定输出电路（部分）

2.2 充电管理改进调整

针对自动断电功能异常问题，复查装备生产产品技术状态，发现充电电源设计时，技术指标为：充满自动关机判据为小于 10A 均流电流，延时 3h 关机，电池组长期使用后，内阻变化，造成充电电流不能小于 10A 均流电流，导致电源无法自动关机；装备自动断电功能失效后，如长时间充电蓄电池充电存在的发热着火故障模式，复查充电电源设计方案，无对应温度监测措施，存在着一定的安全风险^[4]。

针对此问题，采取取消输出接触器、预充接触器等电路简化措施，调整后电源交流输入接通后，以固定电压直接开始给电池充电，操作简化，可靠性提高。取消输出通断电路的同时需相应改进如下：

a. 充电关断改进

由于原充电电源充电完毕后，通过关断输出接触器达到结束充电，取消输出接触器后将无法实现充电结束后关断充电功能，需将关断充电更改为：在充电结束后，关断原边控制脉冲，电源无输出。具体实现途径为：取消分流器 R100、接触器 KM2、接触器 KM3、接触器 KM4 和电阻 R6，增加输出二极管。调整后充电电源在交流输入接触器 KM1 接通后，充电电源将直接给电池充电。具体实现电路图见图 6、图 7。

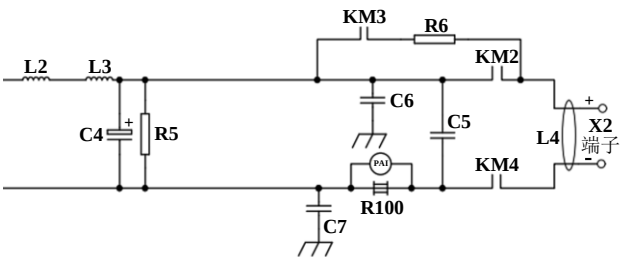


图 6 原充电电源输出电路图

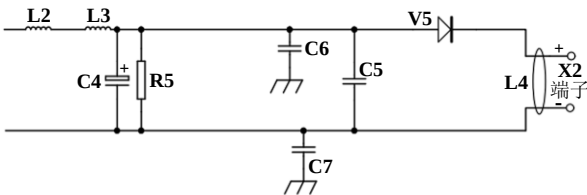


图 7 更改后充电电源输出电路图

取消输出通断电路后，充电电源启动后将直接给电池充电，最恶劣情况为电池无剩余电量，充电电源启动后，充电电源加压并应直接进入限流状态。

为防止电源断电后输出电路和电池不能断开，导致电池给输出电路放电，在输出正母线增加阻断二极管 V5，选用超快恢复二极管 MURP20040CT，其反向浪涌电压为 400V，正向平均电流为 200A，压降 1.25V。

b. 充电策略完善

原充电策略：充电电源最先进入恒流充电阶段（限流 100A、降压），随着电池电量增加充电电压上升到额定值，充电电源进入恒压充电阶段，电流开始下降，当电流降到 10A 时，充电电源进入均充延时阶段，计时 180~270min 后关断电源输出。

改进后充电策略：改进后充电策略分为一个主充电策略、一个分阶段计时策略、一个总计时策略。主充电策略基本与原充电策略相同，分阶段计时策略针对电池性能变化后充电电流不能下降造成蓄电池发热着火事隐患，分不同电流段，通过计时充电电流不能下降到要求值，进行关断充电，改进后充电策略详见表 1，分阶段计时策略具体阶段划分及判据见表 2。总计时策略是在策略 2 失效后总备保策略，该策略与电流无关，电池一个完整充电时间为 17h10min，更改总充电策略后充电电源在开始充电就计时，工作 18h 关机，有效避免过充风险。

表 1 充电电源改进后充电策略

序号	充电策略名称	策略内容	备注
1	主充电策略 1	充电电源最先进入恒流充电阶段（限流 100A、降压），随着电池电量增加充电电压上升到额定值，充电电源进入恒压充电阶段，电流开始下降，当电流降到 10A 时，充电电源进入均充延时阶段，计时 180min 后关断电源输出。	
2	分阶段计时策略 2	主要针对电池组长期使用后，内阻变化，不能小于 10A 均流电流导致电源无法自动关机，发热着火故障模式。 策略 2 自动关机，状态指示灯提示非正常关机，检查电池组。	
3	总计时策略 3	充电电源开机就开始给电池充电，同时开始计时，当充电电流不能进入 10A 均流点，同时策略 2 失效时，整机充电计时 18h 后，电源关机，停止充电。	

表 2 分阶段计时策略表

序号	阶段点/A	判断依据
1	80	电流从 80A 开始计时，计时 1.5h，1.5h 到后电流为 a ，如果 $80-a < 20$ ，则关断电源输出。
2	60	电流从 60A 开始计时，计时 2h，2h 到后电流为 a ，如果 $60-a < 20$ ，则关断电源输出。
3	40	电流从 40A 开始计时，计时 2h，2h 到后电流为 a ，如果 $40-a < 20$ ，则关断电源输出。
4	20	电流从 20A 开始计时，计时 2.5h，2.5h 到后电流为 a ，如果 $20-a < 5$ ，则关断电源输出。
5	15	电流从 15A 开始计时，计时 2.5h，2.5h 到后电流为 a ，如果 $15-a < 3$ ，则关断电源输出。
6	12	电流从 12A 开始计时，计时 2.5h，2.5h 到后电流为 a ，如果 $12-a < 2$ ，则关断电源输出。

c. 充电管理板设计优化

充电管理板保留原接口和尺寸,检测输出电流,实现对整机充电管理,当输出电流大于设定均充电流 10A 时,充电电源进行主充模式,当输出电流降到均充 10A,延时 3h,充电关断。同时增加分阶段计时策略和总计时策略,分级时间段内电流下降不到要求值,关断充电,如果主充和分阶段计时策略均不能正常关机,设计开机计时(总充电计时),累积计时 18h 后充电关断。

d. 均流充电开启增加滞环比较器

原设计中,充电电流大于 10A 时,电源处于主充模式,随着充电电流减小到均流的 10A,运放组成的比较器翻转,进入均流模式,但是如果电流在 10A 左右震荡,将出现充电电源在主充和均充之间来回切换的风险。在均流判断中增加滞环比较器,在均流判断电流点附近形成滞环带,滞环带内状态保持,避免了均流判断电流点震荡引起的来回切换问题^[5]。

3 更改验证情况

两型充电电源在取消输出通断电路后,充电电源启动后将直接给电池充电,最恶劣情况为电池无剩余电量,充电电源启动后,充电电源加压并应直接进入限流状态。为验证取消输出通断电路后电源能正常启动、工作,用模拟电源进行验证试验,该电源与充电电源除输出电压不同、无电池管理电路外,完全与充电电源相同。

试验主要验证从交流侧开机即充电,不限流状态工作和限流工作两种模式。

a. 验证从交流输入开机,不限流状态工作

由于电源输出电压为 110~160V,所以将电源输出调整到以下电压试验:113V,直接开机,分别启动 20A、66A;140V,直接开机,启动 83A;160V,直接开机,启动 94A。

以上分别开机、关断动作 30 多次,电源工作正常,通过示波器观察波形稳定,验证了不限流工作性能。

b. 验证从交流输入开机,电源充电限流启动

电源输出 160V,限流点在 95.5A,启动 139A 负载,开机后电源直接进入电流模式,电源工作正常,开机、关断动作 30 多次电源工作稳定、正常。

4 使用验证情况

按设计的最新方案,完成一套充电电源的改进,并进行功能性能测试,完成功能性能测试后试用,与实际电池进行联试工作均正常,进一步验证了方案的正确性。

对于 2012 年交付的 4 套产品,结合设备 8 年中修按以上方案进行更改。中修主要针对实物的更改方案:

- a. 更换充电电源前面板;
- b. 更换充电管理板为新状态;
- c. 控制电路适应性更改。

目前已完成装备及后续出厂产品的改进工作,两型装备改进交付后,经近两年时间使用和各项任务保障,状态良好,改进后设备工作稳定、操作性好,极大提高了装备使用效率。

5 结束语

a. 解决装备使用质量问题不应只关注使用性、安全性和现象性问题,更应关注设计原理、功能实现,立足全面分析从根源解决问题。本次针对充电装备使用中的具体问题,采取更换充电电源前面板、更换充电管理板、控制电路适应性更改等措施,能有效改善现有装备性能,确保装备耐用。

b. 装备设计生产监督中应更多关注装备可靠性、实用性和保障性,针对使用环境 and 应用环境及时优化设计,提高设计强壮性和环境适应性。

c. 改进研制中创新提出电流分段管理方案,杜绝电池充电中不能断电和电池发热甚至燃烧的问题,极大提升了产品可靠性和安全性。

参考文献

- 1 刘茹文,朱佑滔.应急电源充电电流异常的故障分析[J].机电信息,2023(12): 6~9
- 2 朱修敏.电动汽车充电电源的研究与设计[D].成都:西华大学,2017
- 3 刘文瑞,吝伶俐,田慕琴.基于参考模型电动车充电电源电压稳定性研究[J].电气传动,2020,50(8): 46~52
- 4 卢赣生.应急电源整流充电模块故障分析及解决方案[J].现代城市轨道交通,2016(6): 39~42
- 5 何正东.大功率宽电压机场电动特种车辆充电电源设计[J].通讯世界,2019(10): 277~279