# 温控旁路型电池开路保护器的设计

周芝远，吕世斌，李富强，范益锋

（国网宁波供电公司，浙江 宁波 315012）

摘要：针对蓄电池的开路故障，根据蓄电池发生开路故障的运行特性，研究设计一种温控旁路型电池开路保护器，可实现自动判断并快速解决电池开路故障，从而保护蓄电池组正常对外供电运行。该开路保护器，采用无源工作方式，利用快恢复功率二极管作为启动元件来自动判断并短接处理开路故障电池，利用旁路温控开关来解决快恢复严重发热问题，维持长期运行。

关键词：蓄电池；开路保护；无源；自动；温控

## Design of temperature-controlled bypass battery open-circuit protector

ZHOU Zhiyuan, LU Shibin, LI Fuqiang, FAN Yifeng

（Ningbo Power Supply Company of State Grid, Ningbo 315012, China）

**Abstract:** Aiming at the open circuit fault of storage battery, according to the operating characteristics of open-circuit fault of storage battery, a kind of temperature-controlled bypass battery open-circuit protector is designed, which can automatically judge and solve the open-circuit fault of battery quickly, so as to protect the normal external power supply operation of storage battery pack. The open-circuit protector adopts passive mode, uses fast recovery power diode as starting component to automatically judge and bypass open-circuit faulty batteries, and uses bypass temperature control switch to solve the serious heating problem of fast recovery, and maintains long-term operation.

**Key words:** battery; open circuit protection; passive; automatic; temperature control.

## 0 引言

蓄电池开路是直流系统中严重的故障[1]，造成的后果是全站继电保护及自动装置拒动，扩大事故。所谓电池“开路”现象，是指当运行中蓄电池严重劣化时，内阻很大，电池就无法正常对外输出。目前，市场上也出现了电池开路保护装置[2]，一类是采用大功率二极管反向并联的方式，动作可靠简单，但二极管通过工作电流时发热、温度高，需要配置散热器，散热器大小与允许通过的电流有关，体积大，限制了应用推广。另一类是新近出现的利用MOS管构建的“有源理想二极管”，虽然温度低，但是由于需要内置电源电路、检测电路和驱动电路，结构复杂，电路板上元器件出现问题就无法动作，长期可靠性很难评估。因此，需要研制一种长期可靠、限温型且免维护的电池开路故障续流装置，并且采用无源工作方式。

## 1 蓄电池组开路故障时的运行特性

根据经验以及前期试验表明，蓄电池组发生开路故障时，其运行特性[3]表现如下。

1）对外供电时，发生开路故障瞬间，蓄电池组端电压出现瞬间大幅度电压骤降，骤降幅度可达30%或以上。

2）发生开路故障的单节电池，瞬间出现非常大的反向电压（甚至达到－30～－40 V），经过一段时间（通常是几毫秒到几百毫秒）电压有较大幅度回升，此后反向电压缓慢变小，持续较长时间，但始终维持反向电压，直到停止对外供电。

## 2 温控旁路电池开路保护器的系统构成

根据蓄电池组在发生开路故障时的运行特性，研究设计一款温控旁路电池开路保护器，主要由大容量快恢复功率二极管、温控开关、保护熔丝、散热器以及故障指示电路构成。该温控旁路电池开路保护器为模块化设计，采用无源工作方式，每节电池独立配置一个，相互之间不构成任何影响。其主要的系统构成如图1所示。

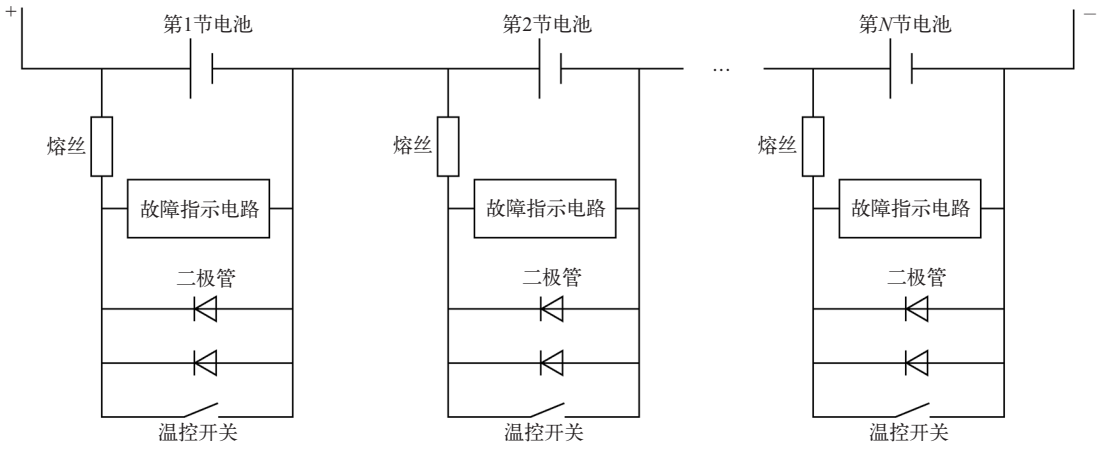



**图1 温控旁路电池开路保护器的主要系统构成图**

Fig.1 System composition diagram

图1中，熔丝安装于整个温控旁路电池开路保护器的总回路；故障指示电路的供电直接由电池提供；两组大容量快恢复功率二极管并联使用，反向接于电池两端；温控开关并联接于大容量快恢复功率二极管两端。

## 3 温控旁路电池开路保护器的工作原理

温控旁路电池开路保护器利用二极管物理特性解决电池开路故障，利用电池作为电源，实现无源工作方式。

从图1中可以看出，温控旁路电池开路保护器的几个主要元器件的工作原理如下。

1）熔丝的主要作用是保护。当装置正负反接时，二极管直接导通短接电池，瞬间产生非常大的电流，此时熔丝立即熔断，避免装置继续短接电池放电，既保护装置，也保护电池。

2）大容量快恢复功率二极管的作用是自动判断并快速短接故障电池。由上述电池运行特性可知，发生开路故障时，故障电池本身会瞬间出现反向电压，而正常电池两端存在正向电压。利用二极管的正向导通反向截止这种固有特性，反接二极管来判断电池是否发生开路故障。利用大容量快恢复功率二极管可承载大电流这一特性，短接故障电池，提供大电流通道。而当蓄电池组处于浮充或均充状态时，由于电池存在正常电压，相当于二极管两端存在反向电压，二极管处于截止状态，装置不会对蓄电池组系统产生任何影响。

3）散热器（图1中并未画出）的作用主要是配合二极管使用，进行物理散热降温。

4）温控开关的主要作用是控制整个装置的运行温度。当二极管导通运行时，先通过散热器进行散热。当散热器表面温度达到温控开关（或者热继电器）的导通温度时，温控开关（或者热继电器）导通运行，由于温控开关（或者热继电器）的导通接触电阻小于二极管导通电阻，二极管被短接进入休眠（或者小电流工作）。此时二极管这个热源消失（或者产热量大大减少），散热器表面温度降低，直到温度低于温控开关（或者热继电器）的复位温度条件，温控开关（或者热继电器）断开，二极管重新正常导通运行。以此循环，能把开路保护装置的温度控制在一定范围内。

5）故障指示电路的作用是提供故障指示。故障指示电路的电源接线通过熔丝直接接于电池正负极。利用目前现有的简单电路，即可实现提供

正向电压（正常电池）时，指示灯常亮；形成反向电压或无电压（电池对外供电发生开路故障）时，指示灯灭。从而实现对电池开路故障的指示，巡检人员可一目了然。

## 4 温控旁路电池开路保护器的试验验证

针对温控旁路电池开路保护器的自动判断并快速短接开路故障电池这一功能，进行开路故障对比试验。如图2所示接线，在一组正常的蓄电池中随机替换一节坏电池，在同样的负载条件下（每次试验前先对电池组进行充电使之进入同一状态），每节电池断开或接入温控旁路电池开路保护器，电池组电压曲线对比如图3所示。

由图3可以看出，所设计的温控旁路电池开路保护器能有效识别判断开路故障电池，并短接故障电池，可有效、直观地改善蓄电池组输出电压特性。在对外供电瞬间，温控旁路电池开路保护器可消除电压骤降，维持较高的输出电压值。

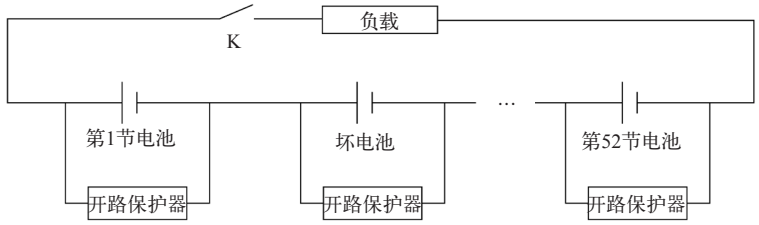



**图2 开路故障试验接线图**

Fig.2 Fault test wiring diagram

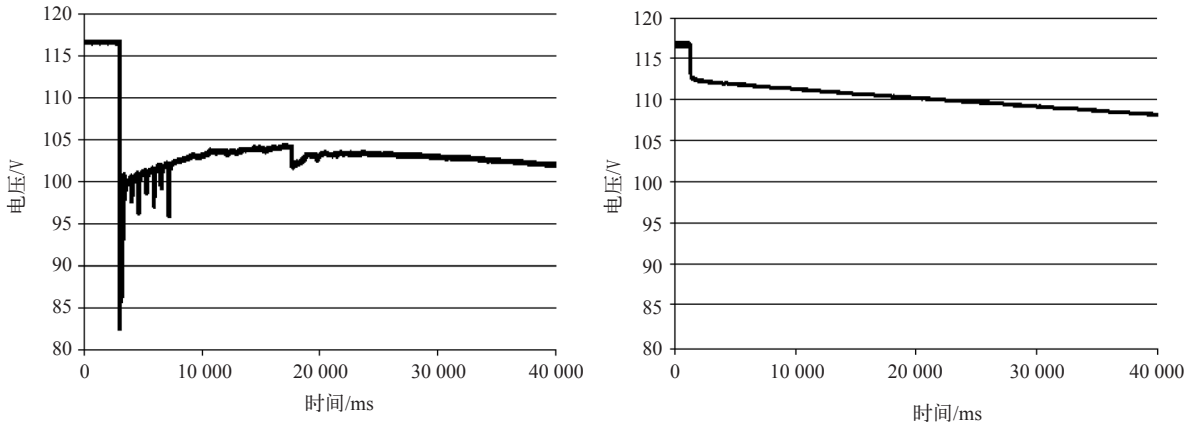



**图3 电池组电压变化曲线**

Fig.3 Battery voltage curve

针对开路保护装置的发热问题，也进行了只有铝散热器和加装温控开关两种情况下的对比试验测试。

如图2接线，选用30 A的负载电流，选用动作温度为90±5 ℃、复位温度为60±15 ℃的温控开关，同一铝散热器，同一外壳。设置接入或者断开温控开关的不同条件，分别使用测温仪器测量二极管负极温度（整个装置中，温度最高处）。试验结果如图4所示。

由图4可以看出，未装有温控开关时，装置温度不断上升，并且长时间超过95 ℃；而加装温控开关时，装置温度维持动态平衡，动态温度为60～90 ℃。

由于图4的试验效果并不是很明显，所以更换温控开关：动作温度为75±5 ℃，复位温度为55±5℃，重新进行同等条件测试，其结果如图5所示。

由图5可以看出，温控开关的动作温度降为75 ℃后，装置的运行温度也随之维持在70 ℃以下。由以上试验结果可得，旁路加装温控开关（或者热

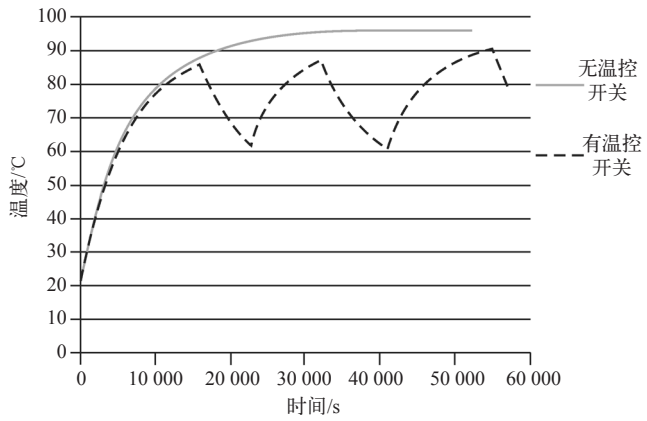



**图4　开路保护器温度曲线（温控为90 ℃）**

Fig.4 Temperature curve of open circuit protector (controlled at 90 ℃)

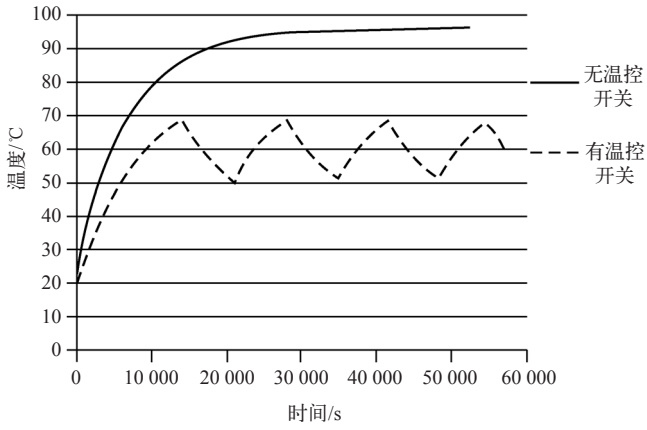



**图5　开路保护器温度曲线（温控为75 ℃）**

Fig.5 Temperature curve of open circuit protector (controlled at 75℃)

继电器）可有效地控制整个装置的运行温度在一定范围内，并且此范围的温度值只取决于温控开关的动作温度和复位温度。在这样的温度动态平衡下，二极管可进行可靠的长时间运行，同时可减小散热器的尺寸，从而缩小整个装置的体积。

## 5　结束语

所研究设计的温控旁路型电池开路保护器，可实现自动判断及快速短接开路故障电池，并且存在以下特点。

1）结构简单，主要元器件少，只需熔丝、大功率二极管、散热器和温控开关，即可实现主要的功能。

2）元器件已工业化、市场化，电路可利用现有的简单原理，因此该开路保护器可实现工业化生产。

3）运行温度可控制在一定范围内，可实现长期运行。

4）体积不受散热器的尺寸限制，可以减小散热器尺寸，因此装置体积可大大减小。

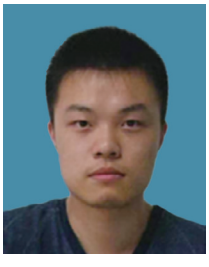
### 参考文献

[1] 张耀东，李国强，孙照辉．变电站蓄电池的常见故障及其维护方法[J]．中国高新技术企业，2015(17)：88．
ZHANG Yaodong，LI Guoqiang，SUN Zhaohui．Common faults of batteries in substations and maintenance methods[J]．China High-tech Enterprises，2015(17)：88．

[2] 张庆伟，吴玉柱，冯义．变电站蓄电池组开路保护方法研究[J]．江西电力职业技术学院学报，2016，29(9)：6-9．
ZHANG Qingwei，WU Yuzhu，FENG Yi．Research on open-circuit protection method of battery pack in substation[J]．Journal of Jiangxi Vocational and Technical College of Electricity，2016，29(9)：6-9．

[3] 桂长清，柳瑞华．阀控密闭铅酸蓄电池的开路电压变化规律[J]．通信电源技术，2007，24(1)：61-62．
GUI Changqing，LIU Ruihua．Opencircuit voltage of VRLA battery[J]．Telecom Power Technologies，2007，24(1)：61-62．

**作者简介**



周芝远

周芝远，男，助理工程师，主要从事直流设备检修工作。

(收稿日期：2018－08－14)EA