



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106546926 B

(45)授权公告日 2019.10.08

(21)申请号 201610960603.5

(22)申请日 2016.10.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106546926 A

(43)申请公布日 2017.03.29

(73)专利权人 西南科技大学

地址 621010 四川省绵阳市涪城区青龙大道中段59号

(72)发明人 王顺利 尚丽平 李占锋 李建超 袁会芳

(51)Int.Cl.

G01R 31/388(2019.01)

(56)对比文件

CN 102645638 A,2012.08.22,全文.

CN 103823188 A,2014.05.28,全文.

夏承成 等.一种基于SOH的机载蓄电池地面维护设备的实现.《通信电源技术》.2014,第31卷(第2期),第58-60页.

审查员 蒋帆

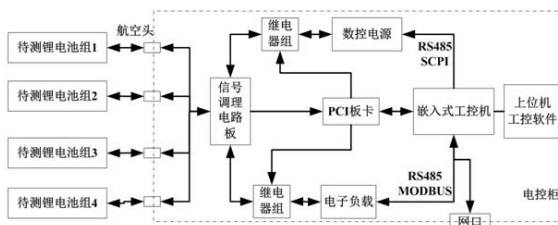
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种锂电池组SOC测定方法

(57)摘要

本发明涉及一种锂电池组SOC测定装置及方法,属于新能源测控领域.该方法针对锂电池组SOC测定目标,通过构建锂电池组针对性电池维护与测试系统(Battery Maintenance and Test System,BMTS)平台准确测定SOC值;通过RS485总线机制实现其组网控制,并配备有嵌入式监视与控制通用系统(Monitor and Control Generated System,MCGS)和工控机(Industrial Personal Computer,IPC)实现本地控制和远程控制;增加航空头并分配跳线识别码以提高对多种锂电池组的适应性;通过在主充放电回路中增设独立保护单元IPU以实现三级保护.该方法在恒流CC放电基础上,融入串联充电转均衡充电过程以提高锂电池组容量利用效率;通过恒流(Constant Current,CC)充电转恒压(Constant Voltage,CV)充电模式切换解决每个电池单体的电量充满问题,实现对SOC值的有效测定。



1. 一种锂电池组SOC测定方法,其特征在于,构建锂电池组针对性电池维护与测试系统(Battery Maintenance and Test System,BMTS)平台;

(1) BMTS平台的信号采样方法为:锂电池组电压信号检测采用集成于数字电源上的高精度电压表检测,其AD采样位数为16,采样完成后的数字量基于SCPI协议传输给上位机,以提高信号传输的抗干扰能力;锂电池组的电压范围为0.00-33.00V,使用0.00-35.00V的测量范围,电池单体电压范围为0.000-4.150V,使得其成组端电压和各单体电池电压采样量程分别如下式所示;

$$\begin{cases} L_{TV} = |x_{\max} - x_{\min}| = |35.00 - 0.00| = 35.00V \\ L_{CV} = |x_{\max} - x_{\min}| = |5.000 - 0.000| = 5.000V \end{cases}$$

在用于SOC状态测定的BMTS平台中,由于使用16位AD进行采样,动力锂电池组的端电压和各单体电压最终采样分辨力如下式所示;

$$\begin{cases} R_{TV} = \frac{L_{TV}}{2^n} = \frac{35.00V}{2^{16}} = \frac{35.00V}{65536} = 0.53V \\ R_{CV} = \frac{L_{CV}}{2^n} = \frac{5.000V}{2^{16}} = \frac{5.000V}{65536} = 0.076V \end{cases}$$

(2) BMTS平台的抗干扰与识别码设计:为了降低线组损耗所造成的检测误差,采用动力线与采样线分开的方式,保证了信号采样与传输的准确性;同时针对不同电池进行编码识别,以提高BMTS平台的适用性和锂电池组的安全性,动力锂电池组接口基本连线:VCC+和VCC-分别表示充放电回路动力线的正负接线端,S\_VCC+和S\_VCC-分别表示锂电池组两端电压的正负接线端,A、B、C通过电控柜5V供电信号构成三位跳线识别码,可对8类不同型号的动力锂电池组进行SOC值测定;动力锂电池组VCC+接航空头的保险端,动力锂电池组的VCC-接航空头的VCC-输入端,动力锂电池组S\_VCC+接航空头的S\_VCC+输入端,动力锂电池组S\_VCC-接航空头的S\_VCC-输入端,航空头B、C连接5V,航空头A连接GND;

(3) BMTS平台的通信方式设计:充电电源选用数字电源,采样SPCI协议进行数据的编码和解析传输,负载选用电子负载,采用MODBUS协议进行数据传输;硬件连接线均采用标准RS485通信方式,针对大功率数字电源分配0X00的通信地址,针对小功率数字电源分配0X01、0X02、...、0X0E的物理地址,针对电子负载分配0X11的物理地址,针对独立保护单元分配0X21的通信地址,通过上位机编程RS485通讯寻址的方式实现参数的设置与数据读取;

(4) BMTS平台的功能扩展设计:考虑后续系统的扩展,预置网口以适应后续形成工业以太网的模型进行多套系统扩展与功能控制。

2. 根据权利要求1所述的锂电池组SOC测定方法,其特征在于,基于多线程运行机制,通过RS485总线通信控制中的分时复用机制,实现多组动力锂电池组的同时SOC测定;通过跳线识别码的校验保证所连接锂电池组的正确性;通过不同种锂电池组型号以及测定方式的选择,确定所测定的动力锂电池组所需的具体参数,作为锂电池组SOC测定的基本参数和停止条件。

3. 根据权利要求1所述的锂电池组SOC测定方法,其特征在于,通过对电流对时间的实时积分计算,并根据所选择的是否启封状态进行锂电池组SOC值测定;计算过程使用安时积

分法实现,如下式所示,基于锂电池组安全寿命考虑,放电过程中放电截止电压,允许超级管理员设置,初始设定锂电池组放电截止电压为15.00V,各单体截至电压为3.000V,该电压以下的剩余容量不参与SOC值测定过程;通过计算出的容量 $Q$ 与设定的实际额定容量 $Q_T$ 的比值,进行锂电池组SOC值测定;

$$SOC = Q/Q_T = \sum_{n=1}^N I_n t_n / Q_T$$

针对新启封和已使用两种状态进行容量判断时,实际额定容量 $Q_T$ 分别设定为 $Q_T=C_N$ 或 $Q_T=C_N*80%$ , $C_N$ 为标称额定容量;在基础信号采样测试完成后,系统从适用性的角度出发,考验不同锂电池单体状态和不同电流充放电过程,进行BMTS平台的电池应用现场的性能测试;通过设备计量功能,在没有加速度、振动、冲击影响、环境温度为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 、相对湿度低于85%、大气压力为 $101.308 \pm 7.998\text{kPa}$ 的静态标定标准条件下,对锂电池组BMTS平台中的部件数字电源、电子负载、电压表及通道线路进行计量标定检测,系统测量绝对误差 $\Delta x$ 计算公式为 $\Delta x = |x - x_0|$ , $x$ 表示配套能量管理设备检测的示值, $x_0$ 表示计量所研制BMTS平台的标准仪器检测得到的相对真值,最大引用误差如下式所示;

$$q_{\max} = \frac{\Delta x}{L} = \frac{0.022V}{35.00V} \approx 0.06\% < 0.1\%。$$

## 一种锂电池组SOC测定方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种锂电池组SOC测定方法,该方法针对锂电池组SOC测定,通过构建锂电池组的针对性电池维护与测试系统(Battery Maintenance and Test System,BMST)平台准确测定SOC值;通过RS485总线机制实现其组网控制,并配备有嵌入式监视与控制通用系统(Monitor and Control Generated System,MCGS)和工控机(Industrial Personal Computer,IPC)实现本地控制和远程控制;增加航空头并分配跳线识别码以提高对多种锂电池组的适应性;通过在主充放电回路中增设独立保护单元IPU以实现三级保护;该方法在恒流CC放电基础上,融入串联充电转均衡充电过程以提高锂电池组容量利用效率;通过恒流(Constant Current,CC)充电转恒压(Constant Voltage,CV)充电模式切换解决每个电池单体的电量充满问题,实现对SOC值的有效测定;该方法是一种基于现代控制理论的动力锂电池组SOC值测定方法,属于新能源测控领域。

### 背景技术

[0002] 近年来,锂电池工作性能得到不断提高,由于其内部阳极、隔膜、阴极和电解液材料的不断提高;生产工艺和其他因素的提高同样起到了非常重要的作用,使得锂电池成为最有希望的可充电电池;锂电池具有高工作电压、高能量密度、高体积密度、容量大、自放电率小等优点,因此越来越多地成组应用于动力能量供应领域,逐渐代替镉镍电池成为主要动力能量供应源。

[0003] 然而,锂电池动力成组应用的安全问题备受关注,其中不合理的能量管理将直接影响其容量使用效率和寿命,甚至引发严重事故;在整个锂电池生命周期中,配套能量管理设备中的核心参数SOC控制将影响动力供能效果,因此,实时监测SOC值并基于此评估整个锂电池组的工作性能是非常必要的;状态参数SOC值是以锂电池组为基础的大功率储能系统的重要因素,无论在各种能量供应动力应用中,该参数的在线监测都是其配套能量管理设备能量管理中不可或缺的一部分;由于锂电池组中单体间差异,配套能量管理设备中的SOC估算越来越具有挑战性,而这些问题需要在有限的计算资源需求条件下解决;尤其是在动力应用环境中,锂电池组的SOC测定是非常重要的,然而由于配套能量管理设备的不成熟能量管理,尤其是SOC准确估算的技术瓶颈,带来的安全隐患问题严重制约了其发展;经历了波音787、电动汽车、电动公交车等由于锂电池因素引发的安全事故,其高稳定性和可靠性遭到担心和质疑,严重阻碍了锂电池的动力成组应用。

[0004] 构建锂电池组SOC准确测定平台,运用现代控制理论和总线技术重要解决途径,在提高精度和降低计算量间寻求最佳平衡点,不断优化和改进;通过在国家知识产权局库中查询与本项目相关的发明专利,已有专利只针对锂电池单体SOC估算做出申请,关于锂电池动力成组SOC测定装置和方法未见报道。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是克服现有SOC测定方法的不足,提供一种锂电池组SOC测定方法,

解决锂电池动力成组应用的SOC准确测定问题。

[0006] 本发明主要通过构建锂电池组BMTS平台准确测定SOC值；通过RS485总线机制实现其组网控制，并配备有嵌入式MCGS和IPC实现本地控制和远程控制；增加航空头并分配跳线识别码以提高对多种锂电池组的适应性；通过在主充放电回路中增设独立保护单元IPU以实现三级保护；该方法在恒流CC放电基础上，融入串联充电转均衡充电过程以提高锂电池组容量利用效率；通过恒流CC充电转恒压CV充电模式切换解决每个电池单体的电量充满问题，实现对SOC值的有效测定。

[0007] 本发明是基于本地控制和远程控制相结合方式，实现的动力锂电池组SOC测定方法，具有较强的环境适用性；针对动力锂电池组工作特征，本发明进行针对性BMTS平台构建，实现动力锂电池组SOC的准确测定；本发明锂电池组BMTS平台中充电过程电动势来源于1个大功率充电电源和14个小功率充电电源，大功率充电电源在经由继电器基础上通过总充放航空头与锂电池组相连，小功率充电电源在经由继电器基础上通过均衡充电航空头与锂电池组的各个电池单体相连；放电过程通过电子负载和继电器控制实现，电子负载经由放电继电器与锂电池组相连；本发明构建锂电池组SOC测定装置，在本地单元实现第一级保护，在IPC远程控制中实现第二级保护，通过在主充放电回路中增设独立保护单元IPU以实现三级保护；针对动力工况特点，本发明在恒流CC放电基础上，锂电池组SOC测定方法中融入串联充电转均衡充电过程以提高锂电池组容量利用效率；在两大环节中，通过CC转CV模式切换解决每个电池单体的电量充满问题，实现对SOC值的有效测定；本发明可对动力锂电池组SOC值进行准确测定，具有计算简洁、工况适应性好和精度高的优点。

## 附图说明

[0008] 图1 是本发明实现锂电池组SOC测定的BMTS平台结构图；

[0009] 图2 是本发明的BMTS平台航空头接线示意图；

[0010] 图3 是本发明的SOC测定过程示意图；

## 具体实施方式

[0011] 以下将对本发明的结合S-ECM模型和RP-UKF算法的动力锂电池组SOC测定方法结合附图作进一步的详细描述；本发明针对锂电池动力成组应用时SOC测定问题，构建锂电池组BMTS平台，通过RS485总线机制实现其组网控制，并配备有嵌入式MCGS和IPC实现本地控制和远程控制；增加航空头并分配跳线识别码以提高对多种锂电池组的适应性；通过在主充放电回路中增设独立保护单元IPU以实现三级保护；该方法在恒流CC放电基础上，融入串联充电转均衡充电过程以提高锂电池组容量利用效率；通过CC充电转CV充电模式切换解决每个电池单体的电量充满问题，构造SOC测定模型系统方案；为了更好的体现本发明，在本实施例中仅以航空锂电池组为例进行说明，但本领域技术人员应该熟知，根据本发明的技术思想可以实现多种动力锂电池组的SOC测定；以下对动力锂电池组SOC测定方法的实现步骤进行详细说明。

[0012] 参见图1，本发明的动力锂电池组SOC测定方法中所设计的BMTS平台具有：通过使用大功率数控电源来模拟航空动力系统发电机输出过程，通过小功率数控电源实现均衡充电过程，通过使用电子负载来模拟飞机中各个负载子系统的能量消耗过程；通过使用数据

采集与存储子系统来记录电压、电流和温度值,同样也用于在线能量管理设备能量管理的SOC估算实现过程的参考;高精度电流传感器在BMTS平台中得到应用,精度为0.10%,通过在IPC中进行C#编程,利用RS485总线实现BMTS平台中各硬件设备子部件的控制;该BMTS平台实现了动力锂电池组的充电、放电和循环充放电过程,实现了动力锂电池组的SOC测定;BMTS平台对各种信号的采样、通信及处理方法如下所示。

[0013] (1) 信号采样:锂电池组电压信号检测采用集成于数字电源上的高精度电压表检测,其AD采样位数为16,采样完成后的数字量基于SCPI协议传输给上位机,以提高信号传输的抗干扰能力;锂电池组的电压范围为0.00-33.00V,使用0.00-35.00V的测量范围,电池单体电压范围为0.000-4.150V,使得其成组端电压和各单体电池电压采样量程分别如下式所示。

$$[0014] \quad \begin{cases} L_{TV} = |x_{\max} - x_{\min}| = |35.00 - 0.00| = 35.00V \\ L_{CV} = |x_{\max} - x_{\min}| = |5.000 - 0.000| = 5.000V \end{cases} \quad (1)$$

[0015] 在用于SOC状态测定的BMTS平台中,由于使用16位AD进行采样,动力锂电池组的端电压和各单体电压最终采样分辨力如下式所示。

$$[0016] \quad \begin{cases} R_{TV} = \frac{L_{TV}}{2^n} = \frac{35.00V}{2^{16}} = \frac{35.00V}{65536} = 0.53V \\ R_{CV} = \frac{L_{CV}}{2^n} = \frac{5.000V}{2^{16}} = \frac{5.000V}{65536} = 0.076V \end{cases} \quad (2)$$

[0017] (2) 抗干扰与识别码设计:为了降低线组损耗所造成的检测误差,采用动力线与采样线分开的方式,保证了信号采样与传输的准确性;同时针对不同电池进行编码识别,以提高BMTS平台的适用性和锂电池组的安全性,动力锂电池组接口基本连线参见图2;图中,VCC+和VCC-分别表示充放电回路动力线的正负接线端,S\_VCC+和S\_VCC-分别表示锂电池组两端电压的正负接线端,A、B、C通过电控柜5V供电信号构成三位跳线识别码,可对8类不同型号的动力锂电池组进行SOC值测定,如图中所示连线表示跳线识别码为011,形成一种动力锂电池组的编码识别。

[0018] (3) 通信方式设计:充电电源选用数字电源,采样SPCI协议进行数据的编码和解析传输,负载选用电子负载,采用MODBUS协议进行数据传输;硬件连接线均采用标准RS485通信方式,针对大功率数字电源分配0X00的通信地址,针对小功率数字电源分配0X01、0X02、…、0X0E的物理地址,针对电子负载分配0X11的物理地址,针对独立保护单元分配0X21的通信地址,通过上位机编程RS485通讯寻址的方式实现参数的设置与数据读取;通过使用该组网数字通信方式,有效降低了外部的电磁干扰,保证了数据通信的可靠性。

[0019] (4) 功能扩展设计:考虑后续系统的扩展,预置网口以适应后续形成工业以太网的模型进行多套系统扩展与功能控制;根据动力锂电池组SOC值测定需求,设计BMTS平台整体功能以及系统软件功能结构。

[0020] 基于多线程运行机制,通过RS485总线通信控制中的分时复用机制,实现多组动力锂电池组的同时SOC测定;通过跳线识别码的校验保证所连接锂电池组的正确性;通过不同种锂电池组型号以及测定方式的选择,确定所测定的动力锂电池组所需的具体参数,作为锂电池组SOC测定的基本参数和停止条件。



[0021] 通过设计循环充放电实验流程,研究动力锂电池组在多次循环过程中电压和SOC的变化规律,进而实现对其SOC值进行准确测定;根据上面所提到的内容,动力锂电池组SOC测定计算,通过从满电量放电至放电截至电压的过程实现;这里,通过使用循环充放电实现数据采集的过程如图3所示,图中参数T1和T2表征充放电循环时间段;由图示可以看出,动力锂电池组的SOC测定值,通过从图中最高点到最低点的计算获得。

[0022] 通过对电流对时间的实时积分计算,并根据所选择的是否启封状态进行锂电池组SOC值测定;计算过程使用安时积分法实现,如下式所示,基于锂电池组安全寿命考虑,放电过程中放电截止电压,允许超级管理员设置,初始设定锂电池组放电截止电压为15.00V,各单体截至电压为3.000V,该电压以下的剩余容量不参与SOC值测定过程;通过计算出的容量 $Q$ 与设定的实际额定容量 $Q_T$ 的比值,进行锂电池组SOC值测定。

$$[0023] \quad SOC = Q/Q_T = \sum_{n=1}^N I_n t_n / Q_T \quad (3)$$

[0024] 针对新启封和已使用两种状态进行容量判断时,实际额定容量 $Q_T$ 分别设定为 $Q_T=C_N$ 或 $Q_T=C_N*80%$ , $C_N$ 为标称额定容量;在基础信号采样测试完成后,系统从适用性的角度出发,考验不同锂电池单体状态和不同电流充放电过程,进行BMTS平台的电池应用现场的性能测试;通过设备计量功能,在没有加速度、振动、冲击影响,环境温度为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ,相对湿度低于85%,大气压力为 $101.308 \pm 7.998\text{kPa}$ 的静态标定标准条件下,对锂电池组BMTS平台中的部件数字电源、电子负载、电压表及通道线路进行计量标定检测,系统测量绝对误差 $\Delta x$ 计算公式为 $\Delta x = |x - x_0|$ , $x$ 表示配套能量管理设备检测的示值, $x_0$ 表示计量所研制BMTS平台的标准仪器检测得到的相对真值,最大引用误差如下式所示。

$$[0025] \quad q_{\max} = \frac{\Delta x}{L} = \frac{0.022V}{35.00V} \approx 0.06\% < 0.1\% \quad (4)$$

[0026] 通过计量远端锂电池组电压的最大引用误差指标均低于0.1%,达到0.1的精度等级要求,系统通过质量检测与现场实际运行,均达到实时检测与SOC状态测定目标;实验结果表明,该BMTS平台电压测量范围为0.00-35.00V,电流范围为0.000-4.000A,最大引用误差小于0.1%,精度等级G达到0.1,实现了动力锂电池组的SOC状态准确测定,有效保证了动力锂电池组的稳定可靠运行;系统运行稳定可靠,能够满足动力锂电池组的检测要求;在放电过程中,通过不断检测电压和电流的变化实现SOC值的准确可靠测定;在充电过程中,根据电压和电流的变化规律电池所具有的充电能力进行评价,以判断电池是否处于正常充电;在循环充放电中,根据充放电过程参量值变化,以及在放电过程中基于Ah积分法的SOC计算,实现对锂电池组的SOC状态有效测定。

[0027] 综上所述,本发明针对锂电池组SOC测定目标,综合考虑人机交互复杂性、经济性和可靠性等问题,研制针对性BMTS平台并提出SOC测定方法,在能够实现对动力锂电池组的充电、放电以及循环充放电及其他相关目标对象的检测与管理基础上,实现对动力锂电池组的SOC状态测定,保证锂电池组储能和供能过程的安全性。

[0028] 本发明的以上实施例仅以航空锂电池组为例进行了动力锂电池组SOC测定的说明,但可以理解的是,在不脱离本发明精神和范围下本领域技术人员可以对其进行任意的改变和变化。

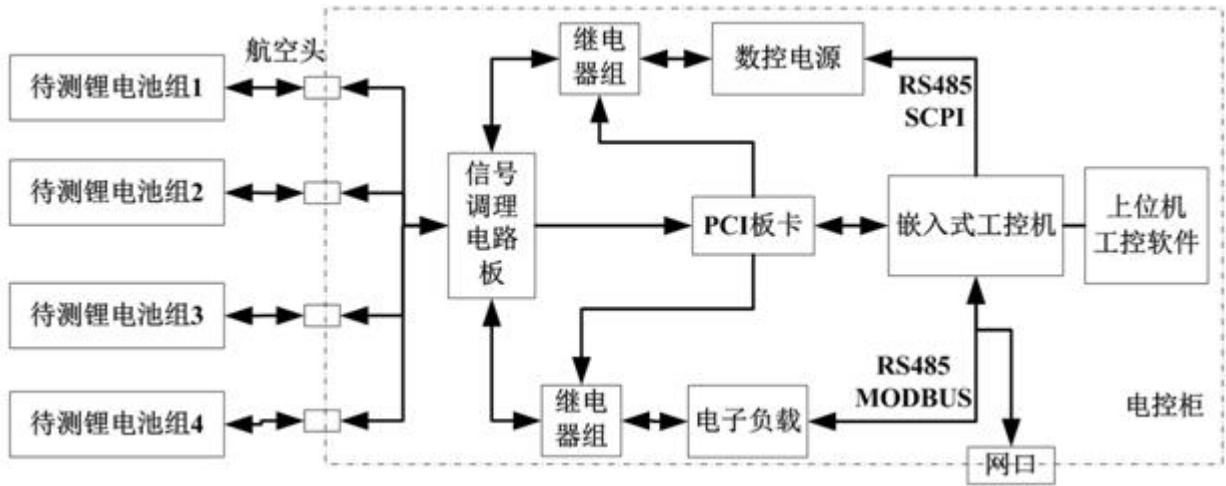


图1

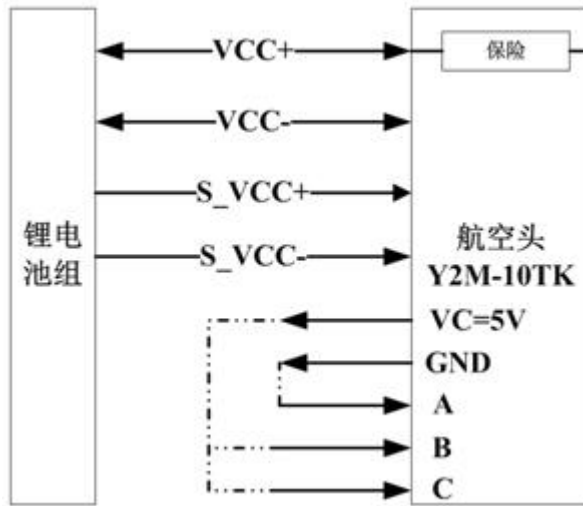


图2

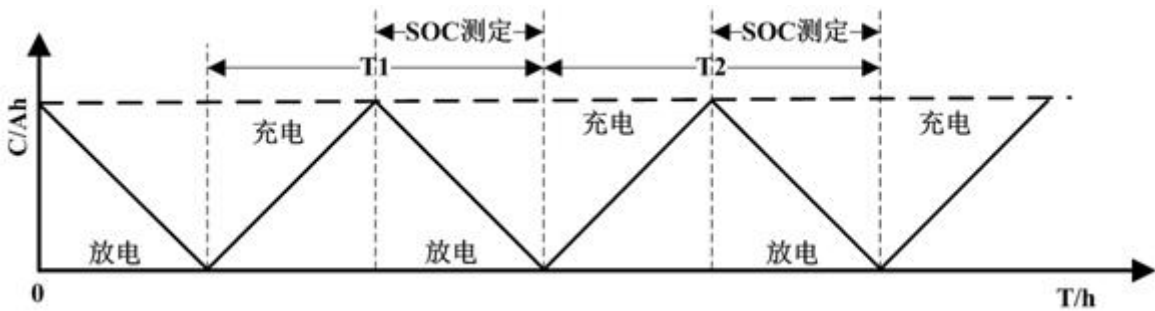


图3