



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102624039 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 02

(21) 申请号 201110194796. 5

审查员 马肃

(22) 申请日 2011. 07. 12

(73) 专利权人 航天东方红卫星有限公司
地址 100094 北京市 5616 信箱

(72) 发明人 鄢婉娟 刘元默 李志壮 侯伟

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心
11009

代理人 安丽

(51) Int. Cl.

H02J 7/00 (2006. 01)

B60L 11/18 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1333589 A, 2002. 01. 30,

CN 1819399 A, 2006. 08. 16,

CN 101174716 A, 2008. 05. 07,

WO 2010/054213 A1, 2010. 05. 14,

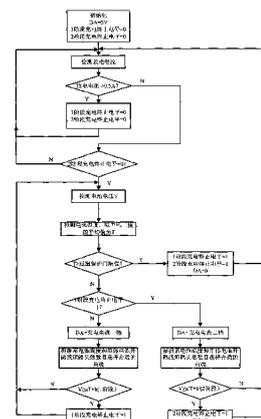
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种适用于蓄电池充电的 V/T 曲线控制方法

(57) 摘要

一种适用于蓄电池充电的 V/T 曲线控制方法, 针对蓄电池可能出现的开路或短路失效模式, 建立了 V/T 曲线的一次函数数学模型, 根据蓄电池在轨的实际使用情况设计了两阶段充电控制方法, 驱动电源下位机 DA 输出作为充电电流调节电路的基准信号, 实现了充电转阶段控制和充电终止控制的目的。通过计算机控制, V/T 曲线的模型参数可在轨上注调整, 实现了在蓄电池的不同温度区间或性能变化时精确的充电控制, 比传统的基于硬件模拟电路实现的 V/T 曲线控制方式更灵活、更准确、占用资源更少, 在蓄电池在轨可能的全温度范围内均具有良好的应用价值。



1. 一种适用于蓄电池充电的 V / T 曲线控制方法,其特征在于步骤如下:

(1) 将蓄电池组的在轨工作温度范围进行区间划分,每一个温度区间内的蓄电池组 V / T 曲线均采用一次函数拟合,由此形成蓄电池组的电压 V 和温度 T 的映射关系,其中在发生 n 只单体电池开路失效时,将蓄电池组的电压拟合为 $V=(a * T+b) * (1-n / m)+2.3n$, 在发生 n 只单体电池短路失效时,将蓄电池组的电压拟合为 $V=(a * T+b) * (1-n / m)$, a 和 b 为实数,当蓄电池组的温度采集失效时, $a=0$ 、 $b=1.5m$, m 为组成蓄电池组的串联单体电池数量;所述的蓄电池组 V / T 曲线包括第 1 阶段大电流曲线和第 2 阶段小电流曲线;

(2) 设置用于作为充电调节电路的充电电流基准的电源下位机 DA 输出电压平和主误差放大信号 MEA 电平;所述的 DA 电平包括 0、二档值、一档值和最高值四种电压值,初始状态为最高值,所述的 MEA 电平由实时采样的卫星母线电压转换得到;设置第 1 阶段大电流充电终止电平和第 2 阶段小电流充电终止电平 2 个标志,2 个标志的初始值均为 0;设置蓄电池过温保护门限值;

(3) 实时采集蓄电池组的温度、放电电流和电压,当采集到的蓄电池组温度超过蓄电池过温保护门限值时,强制执行蓄电池充电终止,同时设置 DA 电平为 0V;当采集到的蓄电池组温度未超过蓄电池过温保护门限值时,若采集到的蓄电池组放电电流 $>0.5A$ 时,将第 1 阶段大电流充电终止电平和第 2 阶段小电流充电终止电平均置为 0;若采集到的蓄电池组放电电流 $\leq 0.5A$ 时,开始对蓄电池组充电;

(4) 开始充电后,设置 DA 电平为一档值,根据实际工作温度所在的温度区间,首先按照第 1 阶段大电流一次函数拟合结果计算得到蓄电池组的第 1 阶段充电终止电压 $V1_{max}$,当实时采集的蓄电池组电压大于 $V1_{max}$,将第 1 阶段大电流充电终止电平置为 1,同时设置 DA 电平为二档值,然后按照第 2 阶段小电流一次函数拟合结果计算得到蓄电池组的第 2 阶段充电终止电压 $V2_{max}$,当实时采集的蓄电池组电压大于 $V2_{max}$,将第 2 阶段小电流充电终止电平置为 1,同时设置 DA 电平为 0;

(5) 在蓄电池组的充电过程中,将 MEA 电平和 DA 电平中较低的电平作为充电调节电路的基准电平,如果 DA 电平较低,则按 DA 电平的设定值输出相应的恒流充电电流,如果 MEA 电平较低,则根据太阳电池阵的输出功率能力来输出相应的电流为蓄电池组充电。

2. 根据权利要求 1 所述的一种适用于蓄电池充电的 V / T 曲线控制方法,其特征在于:所述的蓄电池组的工作温度通过四个热敏电阻进行采集,取四个温度值中中间的两个温度值的算术平均值作为蓄电池组的工作温度值。

3. 根据权利要求 1 所述的一种适用于蓄电池充电的 V / T 曲线控制方法,其特征在于:所述的 a 和 b 的值在地面确定后,通过数据上注的方式传递给星载计算机进行计算。

4. 根据权利要求 1 所述的一种适用于蓄电池充电的 V/T 曲线控制方法,其特征在于:所述的 a 和 b 的值、蓄电池单体的开路或短路失效只数 n 、蓄电池过温保护门限值均分三处进行存储,在使用时进行三取二比对确定。

一种适用于蓄电池充电的 V/T 曲线控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于航天技术领域,涉及一种蓄电池的充电控制方法。

背景技术

[0002] 蓄电池组是卫星电源系统的重要组成部分之一,负责在地影区或光照区太阳电池阵发电不足时为整星供电,而在太阳电池阵功率富裕时被充电,为下次放电做好准备。因此,在轨蓄电池处于周期性的充放电循环过程中,长期的充放电循环后,蓄电池的性能会逐渐下降,直至不能放电,导致卫星寿命终止,因此某种意义上蓄电池的使用寿命制约着整星寿命。地面研究试验表明,为蓄电池选择合适的充电方式和充电控制手段,确保蓄电池组在轨良好的工作状态,能有效延缓蓄电池性能的衰降速度,延长蓄电池的使用寿命。

[0003] V/T 曲线充电控制技术是目前星上镉镍或氢镍蓄电池普遍采用的充电控制方法,具有成熟可靠、性能稳定的优点。它是在一定的蓄电池温度和充电电流下,将蓄电池的充电电压作为蓄电池是否充满的标志,但由于蓄电池电压与温度相关,所以作为控制充电终止的电压不是一个固定值,而是一条电压对温度的函数关系曲线,即 V/T 曲线。为了保证整个寿命期间蓄电池组在不同性能状态下以及有个别单体失效情况下的使用要求,通常不只设立一条 V/T 曲线而是采用多条 V/T 曲线可供选择。温度越高,所对应的充电终止电压越低。

[0004] 目前在轨卫星的电源系统,所采用的 V/T 曲线控制方法均是由硬件实现的,用模拟电路按照蓄电池地面试验标定的 V/T 曲线进行模拟,为了满足可靠性要求,通常采用 3 套 V/T 曲线模拟电路,结果通过 3 比 2 表决电路后,输出最终的控制信号终止蓄电池组的充电。由于 V/T 曲线控制采用的是模拟电路技术,因此器件多、调试点多、准确度差、不能在轨修改,并且增加了电源控制器的体积、重量,若实现 V/T 曲线的在轨选择还需要增加相应的遥测参数和遥控指令需求。另外,虽然采取了 3 比 2 表决的可靠性设计,但若采集到的 3 路铂电阻中有 2 路以上出现开路,将出现不能正常充电的现象,仍会影响电源系统的可靠性和寿命。

[0005] 另外,地面试验数据表明,蓄电池 V/T 曲线在全温度范围内不是标准的直线,在蓄电池温度的低端和高端,曲线斜率有明显不同。而用模拟电路只能模拟出近似的直线,不能兼顾蓄电池全温度范围内 V/T 曲线的准确性,因此,在蓄电池温度超出正常范围时,用硬件 V/T 曲线控制就不够准确,容易造成蓄电池欠充或过充,过充电严重时会引起蓄电池热失控,影响蓄电池组的使用寿命。

发明内容

[0006] 本发明的技术解决问题是:克服现有技术的不足,提供了一种可在蓄电池在轨工作的全温度范围内灵活、准确控制蓄电池充电的 V/T 曲线控制方法。

[0007] 本发明的技术方案是:一种适用于蓄电池充电的 V/T 曲线控制方法,步骤如下:

[0008] (1) 将蓄电池组的在轨工作温度范围进行区间划分,每一个温度区间内的蓄电池

组 V/T 曲线均采用一次函数拟合,由此形成蓄电池组的电压 V 和温度 T 的映射关系,其中在发生 n 只单体电池开路失效时,将蓄电池组的电压拟合为 $V = (a * T + b) * (1 - n/m) + 2.3n$, 在发生 n 只单体电池短路失效时,将蓄电池组的电压拟合为 $V = (a * T + b) * (1 - n/m)$, a 和 b 为实数,当蓄电池组的温度采集失效时, $a = 0$ 、 $b = 1.5m$, m 为组成蓄电池组的串联单体电池数量;所述的蓄电池组 V/T 曲线包括 1 阶段大电流曲线和 2 阶段小电流曲线;

[0009] (2) 设置用于作为充电调节电路的 DA 电平和 MEA 电平,所述的 DA 电平包括 0、二档值、一档值和最高值四种电压值,初始状态为最高值,所述的 MEA 电平由实时采样的卫星母线电压转换得到;设置 1 阶段大电流充电终止电平和 2 阶段小电流充电终止电平 2 个标志,2 个标志的初始值均为 0;设置蓄电池过温保护门限值;

[0010] (3) 实时采集蓄电池组的温度、放电电流和电压,当采集到的蓄电池组温度超过蓄电池过温保护门限值时,强制执行蓄电池充电终止,同时设置 DA 电平为 0V;当采集到的蓄电池组温度未超过蓄电池过温保护门限值时,若采集到的蓄电池组放电电流 $> 0.5A$ 时,将 1 阶段大电流充电终止电平和 2 阶段小电流充电终止电平均置为 0;若采集到的蓄电池组放电电流 $\leq 0.5A$ 时,开始对蓄电池组充电;

[0011] (4) 开始充电后,设置 DA 电平为一档值,根据实际工作温度所在的温度区间,首先按照 1 阶段大电流一次函数关系式计算得到蓄电池组的 1 阶段充电终止电压 $V1_{max}$,当实时采集的蓄电池组电压大于 $V1_{max}$,将 1 阶段大电流充电终止电平置为 1,同时设置 DA 电平为二档值,然后按照 2 阶段小电流一次函数关系式计算得到蓄电池组的 2 阶段充电终止电压 $V2_{max}$,当实时采集的蓄电池组电压大于 $V2_{max}$,将 2 阶段小电流充电终止电平置为 1,同时设置 DA 电平为 0;

[0012] (5) 在蓄电池组的充电过程中,将 MEA 电平和 DA 电平中较低的电平作为充电调节电路的基准电平,如果 DA 电平较低,则按 DA 电平的设定值输出相应的恒流充电电流,如果 MEA 电平较低,则根据太阳电池阵的输出功率能力来输出相应的电流为蓄电池组充电。

[0013] 所述的蓄电池组的工作温度通过四个热敏电阻进行采集,取四个温度值中中间的两个温度值的算术平均值作为蓄电池组的工作温度值。

[0014] 所述的 a 和 b 的值在地面确定后,通过数据上注的方式传递给星载计算机进行计算。

[0015] 所述的 a 和 b 的值、蓄电池单体的开路或短路失效只数 n、蓄电池过温保护门限值均分三处进行存储,在使用时进行三取二比对确定。

[0016] 本发明与现有技术相比的优点在于:本发明首次提出一种用于蓄电池充电控制的精确、智能化的 V/T 曲线控制方法,针对蓄电池可能出现的开路或短路失效模式,建立了 V/T 曲线的数学模型,根据蓄电池在轨的实际使用情况设计了控制方法,驱动电源下位机 DA 输出作为充电电流调节电路的基准信号,实现了充电电流控制的目的。该方法由于使用计算机控制,V/T 曲线的模型参数可在轨上注调整,实现了在蓄电池的不同温度区间或性能变化时精确的充电控制,比传统的硬件 V/T 曲线控制方式具有更灵活、更准确、占用资源更少的优点,在蓄电池在轨可能的全温度范围内均具有良好的应用价值,对延长蓄电池的使用寿命乃至卫星的使用寿命具有重要意义。

附图说明

[0017] 图 1 为本发明保护二极管与单体电池并联电路图；

[0018] 图 2 为本发明 V/T 曲线控制流程图。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图对本发明进行进一步说明：

[0020] 一、蓄电池组充电电压模型

[0021] 根据实测数据拟合，V/T 曲线的数学模型为一次函数数学模型，即 $V = a * T + b$ ，a 和 b 为实数，V 和 T 分别为电压和温度。近似情况下，将 (a, b) 作为一个数组，在不同的温度区间，(a, b) 的取值不同，该种情况是假设在某一小段温度区间内 V/T 曲线呈线性关系。

[0022] 如图 1 所示，蓄电池组由多只单体电池 (m 只) 串联组成，为防止单体电池开路失效引起的整组电池断电，每只单体电池均并联一个保护二极管组件。一旦其中一只单体电池发生开路失效时，它可以提供旁路，保证电池组继续为整星供电和充电。该旁路二极管组件在蓄电池的充电回路上为 3 只二极管串联，3 只二极管串联的压降和为 2.3V，大于单只电池的最高充电电压 1.6V，确保在电池无开路时，充电电流不经旁路二极管；在蓄电池的放电回路上，为单只二极管。故在发生 n 只单体电池开路失效时，蓄电池组的充电电压模型为 $V = (a * T + b) * (1 - n/m) + 2.3n$ ，其中 2.3 为充电回路上 3 只二极管的压降和；在发生 n 只单体电池短路失效时，蓄电池组的充电电压模型为 $V = (a * T + b) * (1 - n/m)$ 。在温度采样失效情况下，(a, b) 取值为 (0, 1.5m)，按单体充电终压为 1.5V 控制充电。

[0023] 通过上述的 V/T 曲线一次函数数学模型，即可计算出在不同的温度下，蓄电池的充电终止电压。

[0024] 二、V/T 曲线控制

[0025] 为了提高蓄电池的充电效率，蓄电池 V/T 曲线充电一般为两阶段充电，对应的 V/T 曲线有二组，即 1 阶段大电流曲线和 2 阶段小电流曲线。

[0026] 电源下位机以固定时间间隔采样蓄电池组放电电流、蓄电池组电压和蓄电池组温度，每隔一定时间（如 2 秒钟）根据蓄电池组的放电电流判断是否允许充电，若允许充电，则根据电池当前的温度进行公式计算，得到 1 阶段充电终止电压或 2 阶段充电终止电压，当实测的蓄电池组电压超过 1 阶段充电终止电压时，将蓄电池充电由大电流转为小电流；当实测的蓄电池组电压超过 2 阶段充电终止电压时，停止充电。

[0027] 蓄电池充电由大电流转为小电流或由小电流转为停止是靠改变电源下位机的 DA 输出电平来实现的，DA 输出电平作为硬件充电电流调节电路的基准信号，通过闭环反馈电路的调节，使充电电流达到设定的基准值，实现 2 阶段恒流充电。

[0028] V/T 曲线控制使用蓄电池控温用的四个热敏电阻进行温度采集，算法采用对四个温度值取中间两值进行算术平均，若温度已经高于蓄电池温度允许的上限时，进入蓄电池过温保护，停止充电。

[0029] 如图 2 所示，为本发明 V/T 曲线控制方法的流程图，典型的 V/T 曲线控制过程如下：

[0030] 电源下位机中设置二个用于 V/T 曲线控制的状态标志位，即 1 阶段充电终止电平和 2 阶段充电终止电平，这两个状态标志为 0 时，表示可以进行 1 阶段或 2 阶段充电；这两个状态标志为 1 时，表示 1 阶段或 2 阶段充电终止。在初始化时，将两个状态标志位置 0，

DA 输出置为高电平 5V, 不进行充电电流控制; 在检测到放电电流大于 0.5A 时, 也将两个状态标志位置 0, 表示充电解锁, 可以充电; 在满足充电转阶段条件和充电终止条件时, 先后将两个状态标志位置 1, 表示 1 阶段和 2 阶段充电终止, 且锁定终止状态。

[0031] 在放电电流小于 0.5A 且 2 阶段充电终止电平为 0 时, 即可进行 V/T 曲线充电, 预置 DA 输出 (充电电流设定电平) 为一档 (如 2.38V), 即以大电流充电。充电时以固定时间间隔采样蓄电池温度和蓄电池电压, 每隔一定时间 (如 2 秒钟) 根据电池当前的温度进行公式计算, 得到 1 阶段充电终止电压或 2 阶段充电终止电压, 然后进行充电终止条件判断:

[0032] 当实测的蓄电池组电压超过 1 阶段充电终止电压时, 进行以下操作:

[0033] 将 1 阶段充电终止电平置为 1;

[0034] 预置 DA 输出 (充电电流设定电平) 为二档 (如 2.2V), 即以小电流充电。

[0035] 当实测的蓄电池组电压超过 2 阶段充电终止电压时, 进行以下操作:

[0036] 将 2 阶段充电终止电平置为 1;

[0037] 预置 DA 输出 (充电电流设定电平) 为 0, 停止充电。

[0038] 三、两阶段恒流充电方式

[0039] 蓄电池充电电流由挂接在母线上的充电调节器 BCR 提供, BCR 为一个利用脉宽调制信号控制的降压型开关电源, 其充电电流基准为电源下位机 DA 输出电平和主误差放大信号 MEA, MEA 电平是母线电压与基准电压的差值, 反映母线电压的高低。在这 2 个基准电平中, 较低的电平起控制作用。

[0040] 在太阳电池阵输出功率较富余, 除满足负载和蓄电池充电功率需求外仍有多余的功率需要被分流时, 母线电压较高, MEA 电压也相应较高, 此时 DA 电平起控制作用, 即充电电流调节的基准为 DA 电平。采样充电电流, 通过信号处理后, 与作为基准的 DA 电平比较, 若低于 DA 电平, 表明充电电流过小, 输出控制信号增加功率调整管的导通时间, 充电电流增加; 若高于 DA 电平, 表明充电电流过大, 输出控制信号减小功率调整管的导通时间, 充电电流减小, 最终使充电电流达到 DA 电平设定值, 因此, 通过改变 DA 的设定值, 即可改变充电电流, 实现两阶段恒流充电。

[0041] 在太阳电池阵输出功率不能完全满足负载和蓄电池充电的功率需求时, 母线电压降低, MEA 电压也相应降低, 在低于 DA 电平时, 表明太阳电池阵没有足够的功率按设定的 DA 电平提供充电电流, 充电电流调节的基准为 MEA 电平, 调节方式与上述相同, 最终使充电电流大小达到 MEA 电平设定值; 在太阳电池阵输出功率不能满足负载需求时, 母线电压继续降低, MEA 电压也继续降低, 自动启动放电调节器, 由蓄电池放电补充不足的功率, 此时蓄电池充电电流降为 0。

[0042] 四、参数上注

[0043] 两阶段 V/T 曲线的不同温度区间的模型参数 (a, b)、蓄电池单体的开路或短路失效只数以及蓄电池过温保护门限均可以在轨上注。可以根据电池组在轨的实际情况如蓄电池性能的衰降情况或单体电池开路或短路失效情况等修正模型参数, 以提高控制的精度。(a, b) 分别为双字节变量, 蓄电池单体的开路或短路失效只数和蓄电池过温保护门限为单字节变量, 以此确保 V/T 曲线的控制精度不低于电压采样的精度。

[0044] 五、可靠性设计

[0045] 对于不能被经常刷新的重要控制参数, 如不同温度区间的曲线参数 (a, b)、蓄电池

单体的开路或短路失效只数、蓄电池过温保护门限值等均分 3 处存储,使用时进行 3 取 2 对比;对实时采集的蓄电池组放电电流、蓄电池组电压和温度均进行算术滤波处理来提高控制的可靠性和准确性。另外,计算机设计为双机冷备份,并具有自主切机功能,在主份计算机不能正常运行时可自主切至备份计算机,确保 V/T 曲线控制的连续性和有效性。

[0046] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

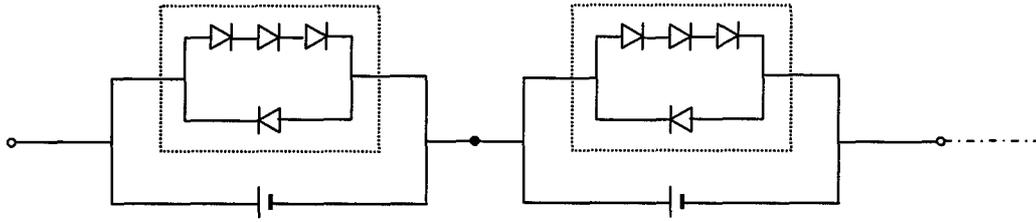


图 1

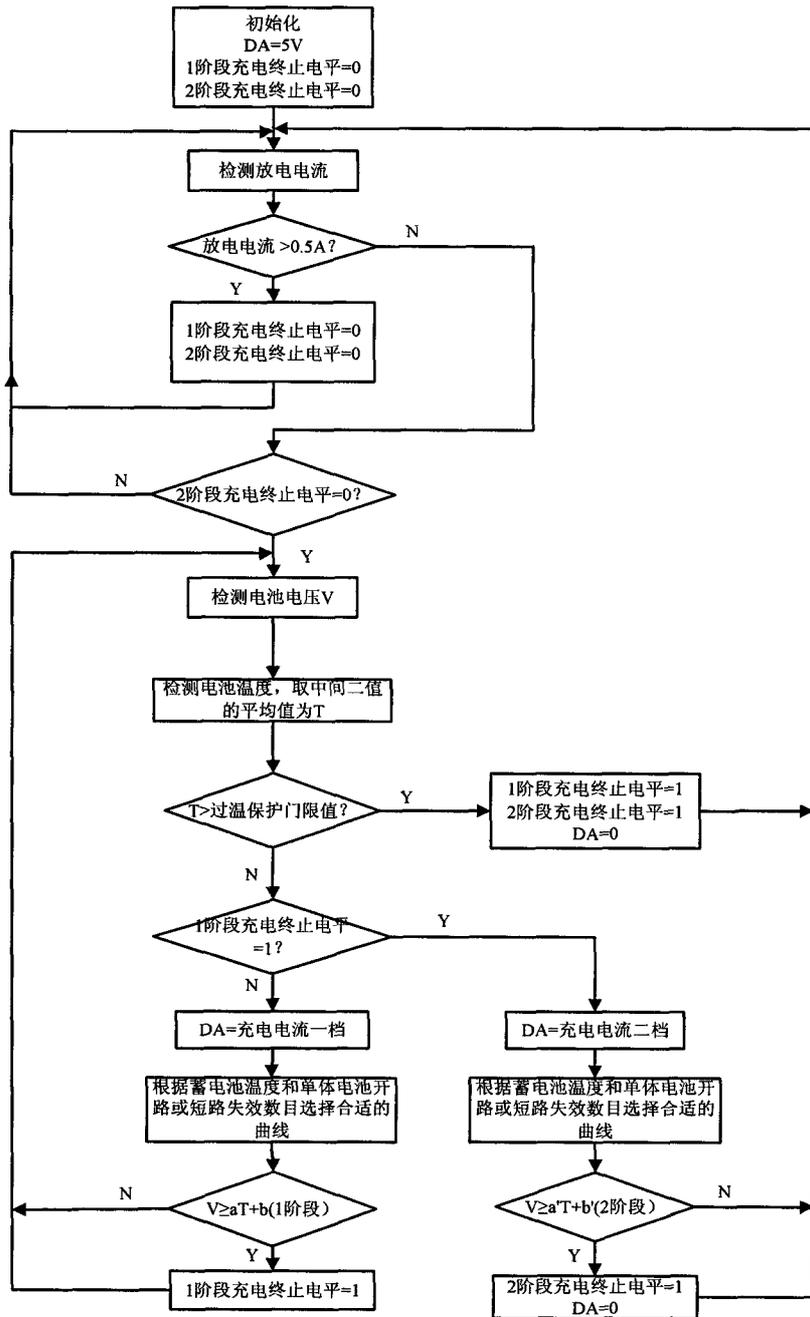


图 2