

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101651239 B

(45) 授权公告日 2011. 11. 23

(21) 申请号 200910092550. X

(22) 申请日 2009. 09. 17

(73) 专利权人 钟阳

地址 100089 北京市海淀区四季青乡金庄一  
号院 4 号楼 3-601

(72) 发明人 钟石

(74) 专利代理机构 北京英特普罗知识产权代理  
有限公司 11015

代理人 齐永红 常春

(51) Int. Cl.

H01M 10/44 (2006. 01)

H02J 7/00 (2006. 01)

审查员 杜凯

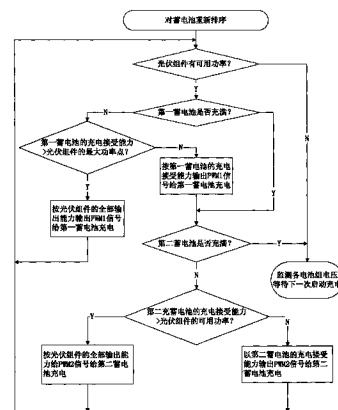
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 6 页

(54) 发明名称

对多组蓄电池充电方法和其控制系统

(57) 摘要

本发明公开了一种针对多组蓄电池的充电方法,其包括在一个充电周期中,在第一蓄电池的充电接收能力足够的条件下,由第一控制信号控制以能量转换单元的全部能量向第一蓄电池充电;以及,实时检测第一蓄电池的充电接收能力,当其逐渐减小并且小于该能量转换单元的全部输出能量时,同时用该能量转换单元剩余的能量通过第二控制信号向第二蓄电池充电的步骤。本发明的方法可以解决太阳能光伏系统中蓄电池使用寿命短的问题,同时提高光伏组件的效率,降低了成本。本发明还公开了一种对多组蓄电池进行充电的控制系统。



1. 一种针对多组蓄电池的充电方法,所述充电方法为:在一个充电周期中,在第一蓄电池的充电接收能力足够的条件下,由第一控制信号控制以能量转换单元的全部能量向第一蓄电池充电;以及,实时检测第一蓄电池的充电接收能力,当其逐渐减小并且小于该能量转换单元的全部输出能量时,同时用该能量转换单元剩余的能量通过第二控制信号向第二蓄电池充电;其中,

每个充电周期对多组蓄电池重新进行排序,各组蓄电池在不同的充电周期轮流排序作为第一蓄电池。

2. 根据权利要求1所述的对多组蓄电池的充电方法,其特征是:它提供一主脉宽调制信号,所述第一控制信号和第二控制信号为脉宽调制信号并包括在所述的主脉宽调制信号周期内,且分时有效。

3. 根据权利要求1或2所述的对多组蓄电池的充电方法,其特征是:所述的第一控制信号和第二控制信号的占空比为蓄电池脉冲充电电流的占空比。

4. 根据权利要求1所述的对多组蓄电池的充电方法,其特征是:在充电初期第一蓄电池充电接受能量较强时,第一控制信号占空比最大化,随着第一蓄电池充电接受能力逐渐减小、能量转换单元的输出能力大于蓄电池的充电接受能力时,逐步降低所述第一控制信号的占空比,同时,启动第二控制信号并逐步增大第二控制信号的占空比。

5. 根据权利要求1或4所述的针对多组蓄电池的充电方法,其特征是:通过监测蓄电池的析汽点电压判断蓄电池的充电接收能力是否减小。

6. 一种应用权利要求1的方法的对多组蓄电池进行充电的控制系统,其特征是:包括用于控制第一蓄电池充电的第一控制信号的装置,用于控制第二蓄电池充电的第二控制信号的装置,用于实时检测蓄电池充电接受能力的检测装置,和根据检测到的蓄电池充电接受能力调整第一控制信号和第二控制信号的调整装置。

7. 根据权利要求6所述的对多组蓄电池进行充电的控制系统,其特征是:还包括一脉冲发生器电路,其输出的脉冲由控制器控制,加载到蓄电池上。

8. 根据权利要求6所述的对多组蓄电池进行充电的控制系统,其特征是:还包括去极化放电电路,在蓄电池充电的充电过程中,加有去极化负脉冲。

9. 根据权利要求6所述的对多组蓄电池进行充电的控制系统,其特征是:各组蓄电池通过开关器件并行连接到负载。

## 对多组蓄电池充电方法和其控制系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种蓄电池的充电方法和装置,特别涉及具有多组蓄电池的太阳能光伏电源系统、风能电源系统,或者太阳能和风能混合系统中的蓄电池的控制方法。

### 背景技术

[0002] 独立式太阳能光伏发电系统,包括太阳能路灯,如图 1 所示,由做为能量转换单元的光伏组件 101、蓄电池 103 和控制单元 102 组成。其基本工作状态是在白天利用阳光对蓄电池进行充电,晚间利用蓄电池对负载放电。充-放电过程由控制单元来控制执行。在实际应用中,考虑到连阴天气的情况,蓄电池需要配备较大的储备容量,以保证在连阴天气时,在白天电池组不能完全充满电,而晚间还需要放电的要求,因此在独立式太阳能发电系统中,通常的情况是蓄电池(组)在 20-80%放电深度范围内循环使用,这种情况称之为“部分充电状态”。

[0003] 太阳能光伏系统的充电问题,近年来公开的各种最大功率跟踪技术(MPPT)可以提高太阳能光伏组件的输出效率。但是,蓄电池本身有充电接受能力的问题,在充电初期可以接受大电流的充电,蓄电池达到析汽点电压之后就伴随有副反应的发生,这时过大的充电电流不仅不能存储到蓄电池中,反而造成蓄电池的大量析汽和失水,加速蓄电池的老化。蓄电池的充电接受能力随着电池充满而逐步下降。阀控式密封铅酸蓄电池的析汽点电压在环境温度 25℃时一般为 2.35V 左右(与环境温度和蓄电池内电解液密度有关)。现有的系统,为保证蓄电池能快速充满而需要较大输出功率的光伏组件,但是在蓄电池到达析汽点电压之后,虽然太阳能光伏组件仍然有输出电量的能力,但是蓄电池却不能接受,这时就浪费了光伏组件的资源。

[0004] 严重的是,由于独立式太阳能光伏发电系统在目前的设计和使用条件下,蓄电池经常是处于“部分充电状态”,在连阴天连续多日不能充满,长期“欠充电”的电池会发生负板极不可逆转的硫酸盐化现象。之后即使在天气晴朗太阳能光伏组件有足够的输出时,也难于再次充满。其结果是蓄电池“健康”情况恶化、容量下降,使用寿命缩短。

[0005] 太阳能光伏系统,以及在独立式风能电源和风光互补电源系统,即太阳能和风能混和系统中,由于原始能源的不稳定性,都存在类似的问题。

[0006] 针对太阳能光伏充电系统所存在的问题,2008 年 2 月的“电力电子技术”中刊载了作者为吴波等的《多电池组太阳能光伏电源系统的设计和应用》一文中提出了蓄电池分组的概念,但该文中提出对锂蓄电池轮流进行充电,且采用的是恒流恒压方式。

[0007] 在第 CN02282038.8 名称为《太阳能脉冲式充电系统》的实新专利中,庄佳璋提出了脉冲式充电系统,它的脉冲充电是在蓄电池充满之后,以脉冲的充电方式取代浮充。

[0008] 针对蓄电池使用寿命的问题,本案申请人在专利号为 CN01117645.8,名称为《有维护功能的充电方法及其装置》的发明专利中,提出了正负脉冲的充电方法。它是稳定电源对一组蓄电池的充电方法,它提供了组合正负脉冲电流充电、析汽点电压的判定、温度补偿及蓄电池充满判据等方法。本文也将其一并引入,作为背景技术。

## 发明内容

[0009] 本发明针对现有系统存在的能量转换单元效率低,特别是蓄电池使用寿命短的问题,提出采用多组蓄电池的充电方法:将现有系统中的一组蓄电池改变为多组(两组及两组以上)蓄电池,并对蓄电池进行排序。

[0010] 本发明提供的针对多组蓄电池的充电方法为:在一个充电周期中,在第一蓄电池的充电接收能力足够的条件下,由第一控制信号控制以能量转换单元的全部能量向第一蓄电池充电;以及,实时检测第一蓄电池的充电接收能力,当其逐渐减小并且小于该能量转换单元的全部输出能量时,同时用该能量转换单元的剩余的能量通过第二控制信号向第二蓄电池充电。

[0011] 所述能量转换单元可以是针对太阳能系统的光伏组件,也可以是针对风能系统的风力发电机模块。

[0012] 针对太阳能发电系统,所述充电周期可以设定为一个自然天。针对风能或者风光互补发电系统,可以设定第一蓄电池组被充满或者蓄电池的一个充放电使用周期。所述的充电周期,也可根据系统实际应用情况设定。

[0013] 在下一个充电周期对蓄电池的排序进行轮换。在不同的周期里,各组蓄电池轮流排序为第一蓄电池。

[0014] 通过监测蓄电池的析汽点电压判断蓄电池的充电接收能力是否减小。

[0015] 在充电过程中,控制器通过电压、电流检测以及  $DV/Dt$  检测,判断被充电池的析汽点电压和充电情况。

[0016] 在充电过程中,控制器通过温度检测,对充电电压进行温度补偿。

[0017] 所述的第一控制信号和第二控制信号的强度,表征蓄电池平均充电电流的幅度大小。

[0018] 所述第一控制信号和第二控制信号为脉宽调制信号,所述第一控制信号和第二控制信号包括在一主脉宽调制信号周期内,且分时有效。充电初期,可令第一控制信号占空比最大化,它控制将能量转换单元的全部能量输入第一蓄电池。

[0019] 在第一蓄电池充电接受能力减小、能量转换单元的输出能力大于蓄电池的充电接收能力时,启动第二控制信号;随着第一蓄电池充电接受能力减小而逐步降低所述第一控制的占空比,同时增大第二控制信号的占空比。

[0020] 所述的第一控制信号和第二控制信号的占空比,在充电过程中对应着蓄电池充电脉冲电流的占空比。

[0021] 进一步的,系统中可包含三组及更多的蓄电池,如果能量转换单元(如光伏组件)还有多余的能量,则同时向第三蓄电池充电。

[0022] 本发明提供了一种对多组蓄电池进行充电的控制系统,包括用于控制第一蓄电池的充电的第一控制信号的装置,用于控制第二蓄电池的充电的第二控制信号的装置,用于实时检测蓄电池的充电接受能力的检测装置,和根据检测到的蓄电池的充电接受能力调整第一控制信号和第二控制信号的调整装置。充电初期第一蓄电池的充电接受能力强时,第一控制信号占空比最大化,使控制能量转换单元的全部能量对第一蓄电池进行充电。充电过程中随着第一蓄电池充电接受能力逐渐减小、能量转换单元的输出能力大于第一蓄电池

的充电接受能力时,在逐步降低所述第一控制信号的占空比的同时,启动第二控制信号并逐步增大第二控制信号的占空比。

[0023] 对充电情况进行记录,并保存到存储器中。

[0024] 进一步的,为了抑制蓄电池的硫化,在控制系统中加有一个脉冲波发生器,输出一个持续的脉冲电流加载到蓄电池上。

[0025] 各组蓄电池通过二极管、三极管、MOSFET 和可控硅等开关器件并行连接到负载上。

[0026] 进一步的是,还包括去极化放电电路,在蓄电池充电的脉冲充电过程中,加有去极化负脉冲。

[0027] 进一步的是,系统中还包括一脉冲发生器电路,其输出的脉冲由控制器控制,加载到蓄电池上。

[0028] 本发明是针对现有太阳能 / 风能放电系统因原始能量转换单元的能源不稳定、蓄电池会出现长期欠充的情况下,对蓄电池的充电方法。本发明的充电方法是根据蓄电池充电接收能力的特点,充分利用能量转换器件(如光伏组件)的输出能力对多个蓄电池同时用脉冲充电。

[0029] 本发明的充电方式,在一个主脉宽信号周期里对多组蓄电池同时采用脉冲方式充电,这样充分地利用了能量转换单元的输出能力。

[0030] 在脉冲维护方面,本发明不单在蓄电池充满之后进行脉冲维护,而且在蓄电池欠充及非充-放电状态时,也进行脉冲维护,强化了去硫化作用。

[0031] 本发明的方法,因为系统中蓄电池分为较小的多组蓄电池,所以在一个充电周期内即使能量转换单元的能量不很充足(如光伏组件在阴天)时,第一充蓄电池被优先充电,也容易被充满。

[0032] 每次充电的情况由控制器存储在控制器内置的存储器中。当一组蓄电池被充满之后,下一个充电周期里重新排序的另外一组蓄电池将作为第一蓄电池被优先充满。这样使得即使在连阴季节里时,太阳能光伏充电系统中的各组蓄电池也能被轮流充满,不会处于长期“欠充电”的状态,因而避免了负极板失效,提高了蓄电池的使用寿命。

[0033] 这样的方法,当第一充蓄电池达到析汽点后,即其充电接受能力逐步减少时,第二蓄电池仍然可接受光伏组件的能量,从而提高了能量转换单元的利用率。因此可选用较小功率的光伏组件,从而可以节省系统光伏组件的成本。

[0034] 本发明的方法可以解决太阳能光伏系统中蓄电池使用寿命短的问题,同时提高光伏组件的效率,降低了成本。以上主要是以光伏组件进行的说明,风能组件,以及风光互补组件的应用情况也类似。

#### 附图说明

[0035] 图 1- 现有的技术的框图。

[0036] 图 2 是本发明的方法和系统所应用的电源系统的结构框图。

[0037] 图 3 指出了控制系统的一种可行的电路实现。

[0038] 图 4 为图 3 中控制单元的作为第一种实施方式的电路原理图。

[0039] 图 5 为去极化电路的原理框图。

[0040] 图 6 是脉冲发生器原理框图。

- [0041] 图 7 是控制器输出的一种 PWM 波形的示意图。
- [0042] 图 8 是实现 PWM 输出的一个充电周期的程序流程框图。
- [0043] 图 9 是脉冲维护的程序框图。
- [0044] 图 10 为图 3 中控制单元的作为第二种实施方式的电路原理图。
- [0045] 图 11 是第二种实施方式的控制器输出的 PWM 波形的示意图。

### 具体实施方式

[0046] 本发明的控制系统以及方法适用于这样的蓄电池电源,即该蓄电池电源包含了至少有 2 组蓄电池。蓄电池数量的选择要针对具体情况,例如对需要 100AH 的蓄电池的光伏系统,可采用 2 组 50AH 的蓄电池合,通过特定设计的控制单元,对每一组蓄电池进行独立的控制充电,包括充电电压、电流、以及温度的独立检测等。

[0047] 下面参照实施例以一包含两组的电源为例,对本发明作出说明。但应当理解的是,本发明所述的方法和系统也可应用于包含三个或三个以上电池组的电源。

[0048] 在太阳能光伏系统中,可以设定为每一昼夜的自然天为一个充电周期,当然也可根据实际情况将其他不同的时间段设置为一个充电周期。

[0049] 图 2 是本发明的方法和系统所应用的电源系统的结构框图。由图 2 所示,它由光伏组件 201、控制器 300 及 2 组蓄电池 202-1、202-2 组成。

[0050] 控制器 300 的可行电路实现如图 3 所示,两组蓄电池 202-1、202-2 分别通过充电回路中的开关器件 302-1、302-2 进行充电控制。2 组蓄电池分别通过开关器件 303-1、303-2 并行连接到负载 304 上;图中的开关器件 303-1、303-2 为二极管开关,也可用可控开关器件如 MOSFET 等器件。充放电回路中包含给出 Isen 信号的电流检测装置 306。控制器 300 包括控制单元 400,该控制单元用于实现脉宽调制充电、系统控制,脉冲输出,以及去极化放电电路。

[0051] 在本实施例中,参照图 4,控制单元 400 包括微处理器(401)、脉冲输出电路 600 和去极化放电电路 500。每组蓄电池 202-1、202-2 的正端 BAT1、BAT2 经过分压电路 405-1、405-2 给到微处理器 401 的 ADC 端口电压检测回路,电流检测信号 Isen 通过运放 403 等电路给到微处理器 401 的 ADC 端口做电流检测。微处理器 401 有 2 路 PWM 输出 P1 和 P2,它们分别经过驱动电路 406-1 和 406-2 得到开关器件 302-1 和 302-2 的控制信号 302-1-G 和 302-2-G,从而微处理器的输出端口 P1 和 P2 分别控制蓄电池 202-1、202-2 的充电。微处理器在输出端 P1 和 P2 分别输出 PWM1 和 PWM2 信号。微处理器 401 为有 ADC、PWM 输出的微处理器。

[0052] 图 5 是去极化负脉冲放电电路。它包括驱动电路 502-1、502-2,开关器件 501-1,502-1 和放电电阻 503。微处理器 401 的程序产生负脉冲驱动信号,该信号经微处理器 401 的端口 D1、D2、驱动电路 502-1、502-2,驱动开关器件 501-1,502-1 的导通和关闭,使得蓄电池在放电电阻 503 上产生所需的去极化负脉冲。

[0053] 图 6 是脉冲发生器原理框图,它采用微处理器 401 的 I/O 端口 C2-1、C2-2,脉冲信号由微处理器 401 的程序产生。它产生的脉冲信号经由开关管 603-1、603-2、变压器 601-1、601-2 和二极管 602-1、602-2 分别加载到蓄电池 202-1、202-2 上。

[0054] 当蓄电池在非充-放电的状态,控制器将这个脉冲加载到所有蓄电池上。这个脉

冲发生器的电源,在白天太阳能光伏组件有输出能量时,由太阳能光伏组件供电;在晚间无阳光时,由蓄电池本身供电。由控制器控制,除非蓄电池在充电和放电的时间内,脉冲电流一直加载到蓄电池上。这样,无论蓄电池是否充满时,特别是当蓄电池欠充时,都有脉冲维护,减少了硫化现象。除微处理器软件产生信号源,脉冲波发生器可以是任一种多谐振荡器,频率从若干分之一 Hz 直到 100KHz。较佳值为 100Hz 到 10KHz。

[0055] 图 7 是控制器输出的 PWM 波形的示意图。横坐标为时间轴,竖坐标为 PWM 信号及充电电流幅度轴,其中 PWM1 是第一控制信号, PWM2 是第二控制信号,它们包含在一个主脉宽调制 PWM 信号周期 T 内,且分时有效。  $PWM1/T = K1$  是第一充蓄电池的充电占空比,它是由控制器根据光伏组件的最大输出功率和被充电池的最大充电接受能力设定的。  $PWM2/T = K2$  是第二蓄电池的充电占空比。当第一充蓄电池初始充电时,令  $K1$  接近或者等于 1、 $K2$  接近或者等于 0,使得光伏组件的电量全部或者接近全部充入第一充蓄电池。随着第一充蓄电池逐步被充满,其充电接受能力逐步下降,令  $K1$  的数值开始下降,直至第一充蓄电池被充满时  $K1$  等于或者接近 0。随着  $K1$  逐步下降、第一蓄电池的充电电流逐步减少到 0,  $K2$  逐步上升、第二蓄电池的充电电流逐步增加,直至第二蓄电池充满或者光伏组件因天气情况无输出能力时停止充电。  $K1+K2 \leq 1$ 。

[0056] 图中 pn1, pn2 为可选的去极化脉冲,分别为第一充蓄电池和第二蓄电池脉冲充电过程中的负脉冲信号,表示在该时间内蓄电池在实施去极化放电。在充电过程中,在一个主脉宽调制充电周期中,当某个蓄电池的充电控制脉宽调制信号给出脉冲电流充电完成后,微处理器通过放电电路加载到该蓄电池上一个去极化负脉冲。使用脉冲电流和去极化负脉冲对蓄电池充电,可减少析气和硫化现象,有利于提高蓄电池的使用寿命。

[0057] 图 10 所示为本发明的控制系统的第二实施例,即不包括去极化负脉冲放电电路的情况,由图 10 所示,每组蓄电池 202-1、202-2 的正端 BAT1、BAT2 有经过分压电路 405-1、405-2 给到微处理器 401 的 ADC 端口电压检测回路,其充电回路中有取样电阻图 3 中 306、运放 403 等电流检测电路,给到微处理器 401 的 ADC 端口做电流检测。微处理器 401 有 2 路 PWM 输出 P1 和 P2,它们分别经过驱动电路 406-1 和 406-2 得到开关器件 302-1 和 302-2 的控制信号 302-1-G 和 302-2-G,从而微处理器的输出端口 P1 和 P2 分别控制蓄电池 202-1、202-2 的充电。微处理器在输出端 P1 和 P2 分别输出 PWM1 和 PWM2 信号。

[0058] 图 11 是图 10 控制器输出的 PWM 波形的示意图。横坐标为时间轴,竖坐标为 PWM 信号及充电电流幅度轴, T 为主脉宽调制信号的周期。  $PWM1/T = K1$  是第一充蓄电池的充电占空比,它是由控制器根据光伏组件的最大输出功率和被充电池的最大充电接受能力设定的。  $PWM2/T = K2$  是第二蓄电池的充电占空比。当第一充蓄电池初始充电时,可令  $K1$  接近或者等于 1、 $K2$  接近或者等于 0,使得光伏组件输出的全部电量充入第一充蓄电池。随着第一充蓄电池逐步被充满,其充电接受能力逐步下降,令  $K1$  的数值下降,直至第一充蓄电池被充满时  $K1 = 0$ 。随着  $K1$  逐步下降到 0、第一蓄电池的充电电流逐步减少到 0,  $K2$  逐步上升,第二蓄电池的充电电流逐步增加,直至第二蓄电池充满或者光伏组件因天气情况无输出能力时停止充电。  $K1+K2 \leq 1$ 。

[0059] 图 8 是实现 PWM 输出的一个充电周期的程序流程框图。在下一个充电周期时,如果前次第一蓄电池未充满,则继续充电;如果前次第一蓄电池已经充满,则前次的第二蓄电池重新排序为第一充蓄电池,前次第一充蓄电池重新排序为第二蓄电池。

[0060] 在充电过程中,控制系统协调多组蓄电池的充电控制信号,它实时检测被充蓄电池的充电接受能力和光伏组件的输出能量。所述的同时充电,指在一个有  $m$  个蓄电池的系统中,控制器有一个主 PWM 周期  $T$ ,每个蓄电池有  $PWM_{i0} < i \leq m$  充电控制信号。如第一充蓄电池的充电控制信号为  $PWM_1$ ,第二蓄电池的充电控制信号为  $PWM_2$ ,依此类推。当某个被充蓄电池的  $PWM_{i0} < i \leq m$  信号有效时,由开关器件控制此蓄电池被充电。控制器在一个主 PWM 周期内,令  $PWM_1, PWM_2, \dots, PWM_m$  分时有效。既在一个主 PWM 周期内,被充蓄电池是分时轮流充电的。主 PWM 周期的长度可以任选,比如可以从毫秒  $ms$  到分钟  $min$  数量级。

[0061] 以主 PWM 周期为基数  $T$ ,设  $PWM_1/T = K_1, PWM_2/T = K_2, \dots, PWM_m/T = K_m$  分别为各个被充蓄电池的充电占空比,  $\sum K_i \leq 1$ 。当  $K_1 = 1$  时,只有第一充蓄电池被充电。当  $K_1 = 0$  时,第一充蓄电池不被充电。

[0062] 初始充电时,控制器的程序指令为  $K_1 = 1$ ,使得光伏组件的能量全部充入第一充蓄电池。充电过程中,控制器实时检测蓄电池的充电情况,当第一充蓄电池到达析汽点电压、充电接受能力逐步减弱而光伏组件的输出能力大于该蓄电池的充电接收能力时,逐步减少  $K_1$  的数值,同时将  $K_2$  从 0 开始增加,这时光伏组件的部分能量开始给第二蓄电池充电。

[0063]  $K_2$  随着  $K_1$  的逐步减少而增加,它决定了第二蓄电池的充电电流。当第一充蓄电池被充满时,控制器的程序指令使  $K_1 = 0$ ,停止对第一充蓄电池的充电。在有三组蓄电池的情况下,在对第二蓄电池充电时,同样监测被充蓄电池的充电情况,当其达到析汽点电压、充电接受能力减少时,转而向第三蓄电池充电。有更多组蓄电池的情况可以类推。

[0064] 以上所说的充电电流,是指平均充电电流。采用所述的充电方式,充电电流形成脉冲波形。

[0065] 图 9 是脉冲维护的程序框图。它表明,当蓄电池除非在充-放电状态时,都有脉冲维护电流加载到蓄电池上。

[0066] 每次充电的情况由控制器存储在控制器内置的存储器中。在后一个充电周期开始时,如果根据存储器存储的充电情况记录,前次周期中的充电池已经完全充满,则控制器选择另外的一组蓄电池、例如将原来的第二蓄电池组作为本次充电的第一充蓄电池组。使得即使在连阴季节里时,各蓄电池组也能被轮流充满,不会处于长期“欠充电”的状态,因而避免了负极板失效。



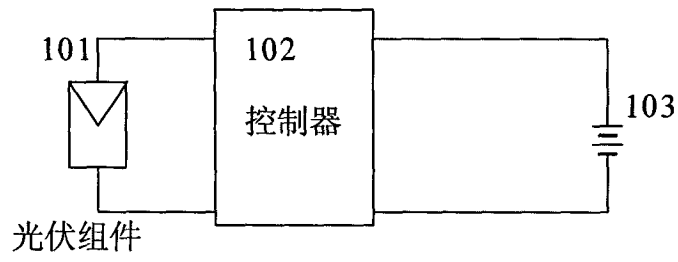


图 1

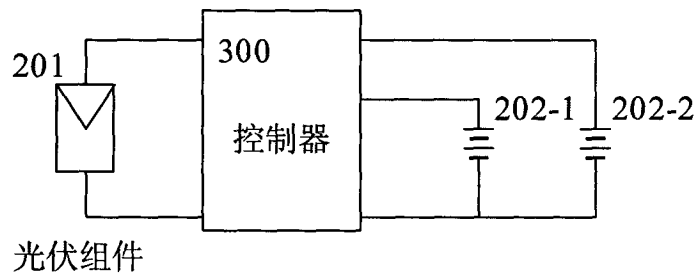


图 2

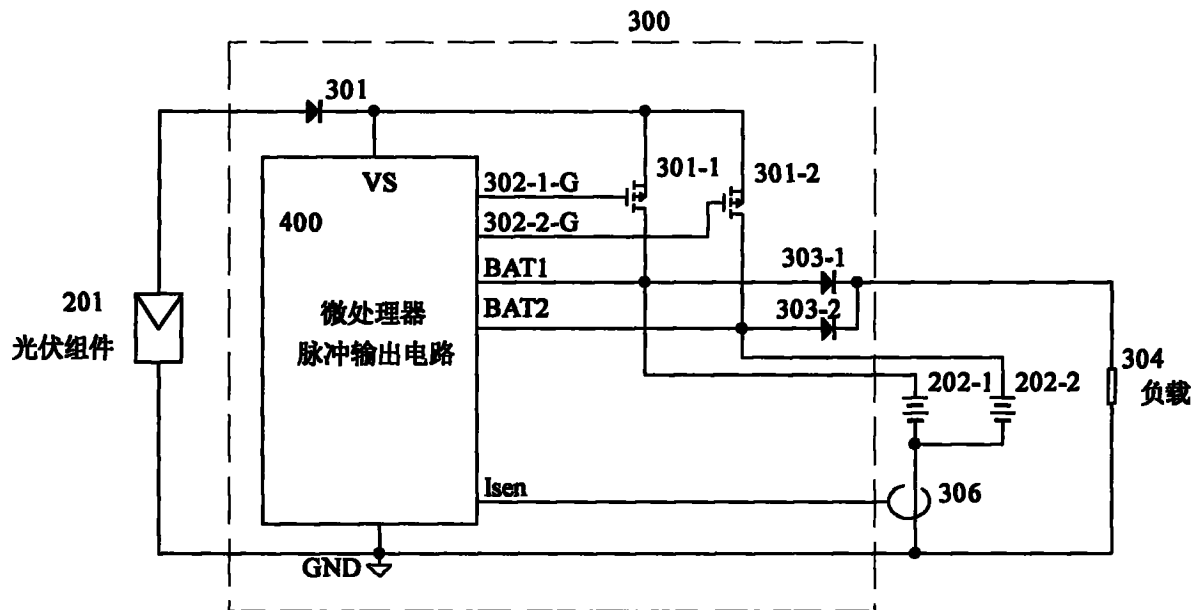


图 3

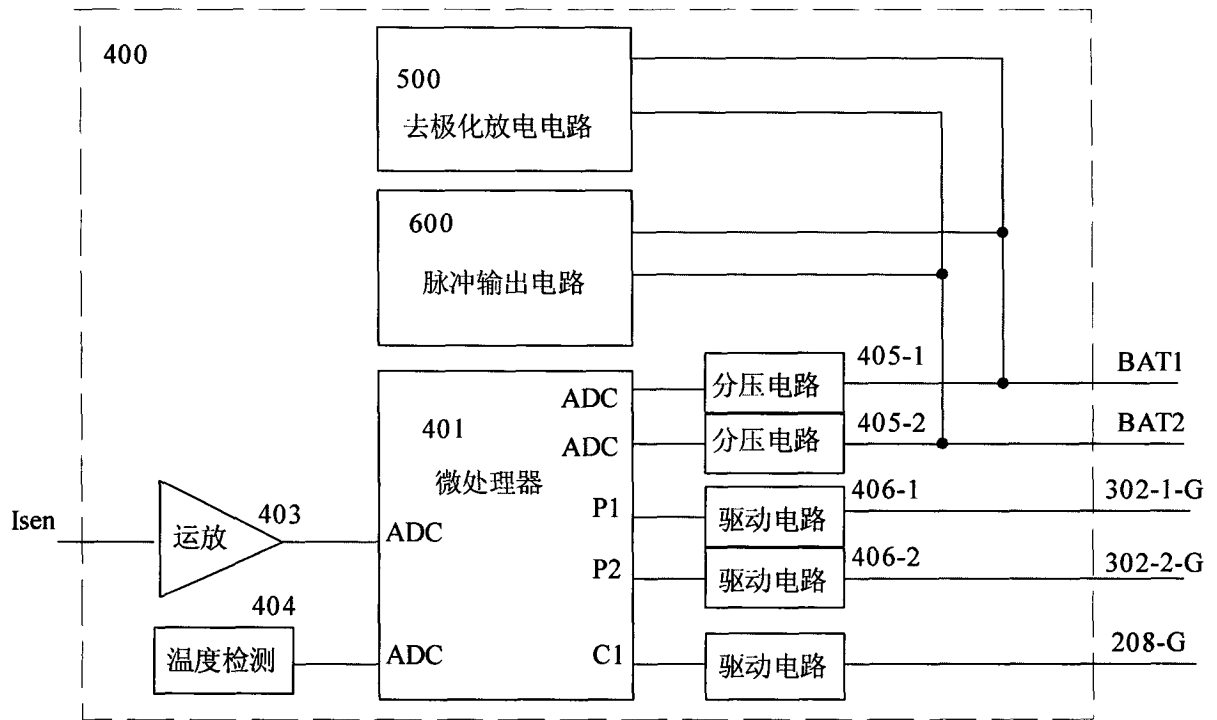


图 4

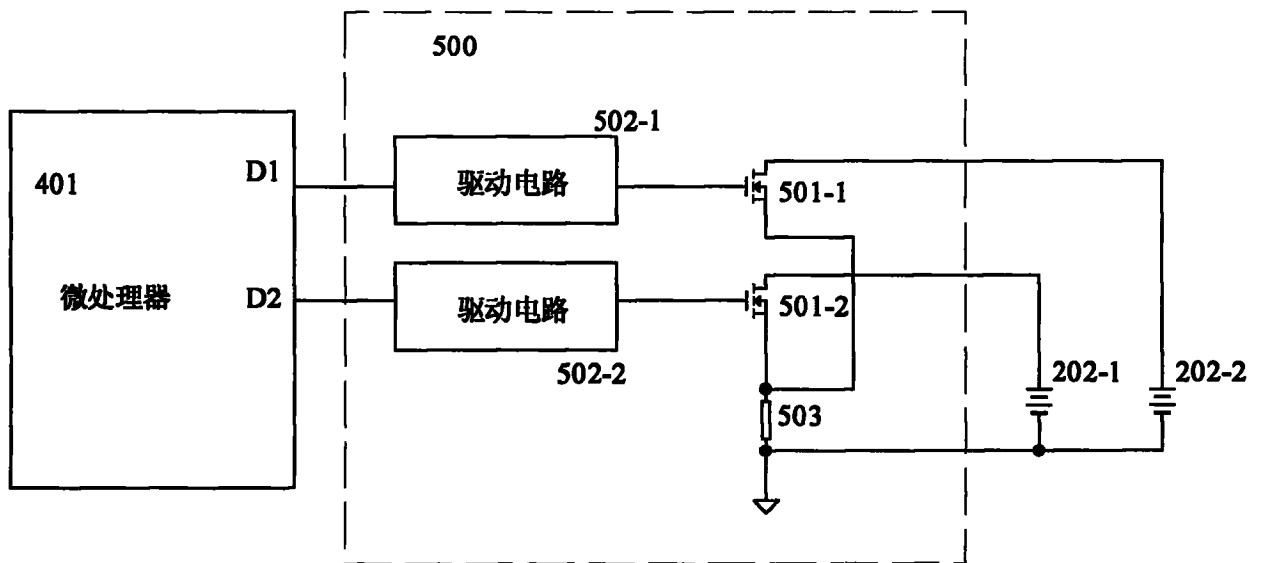


图 5

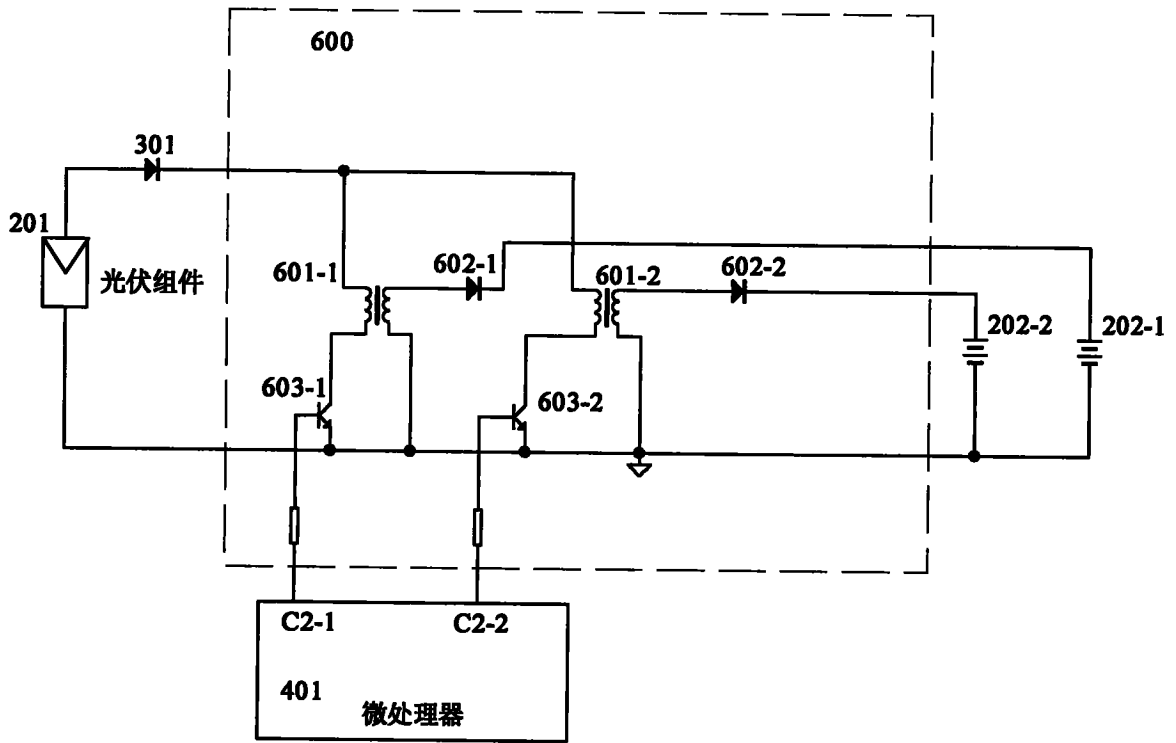


图 6

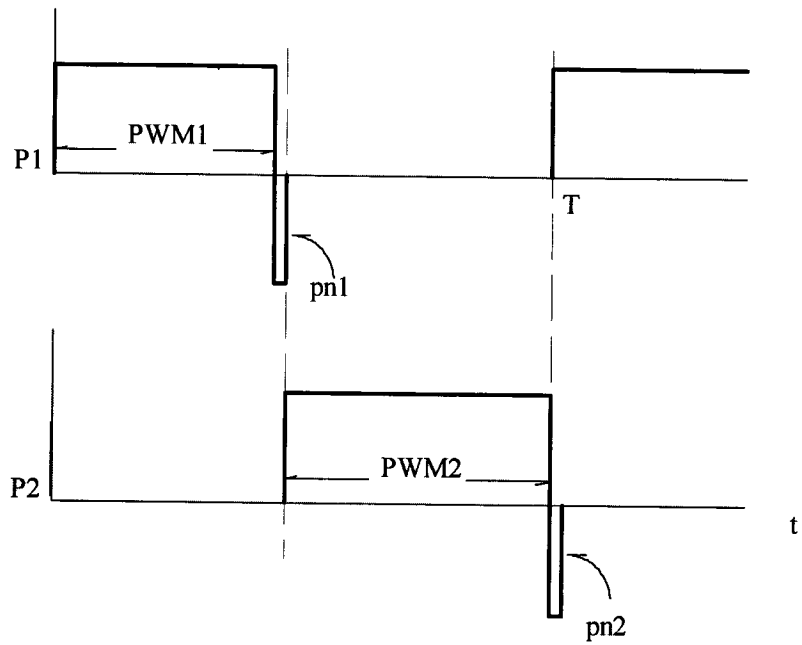


图 7

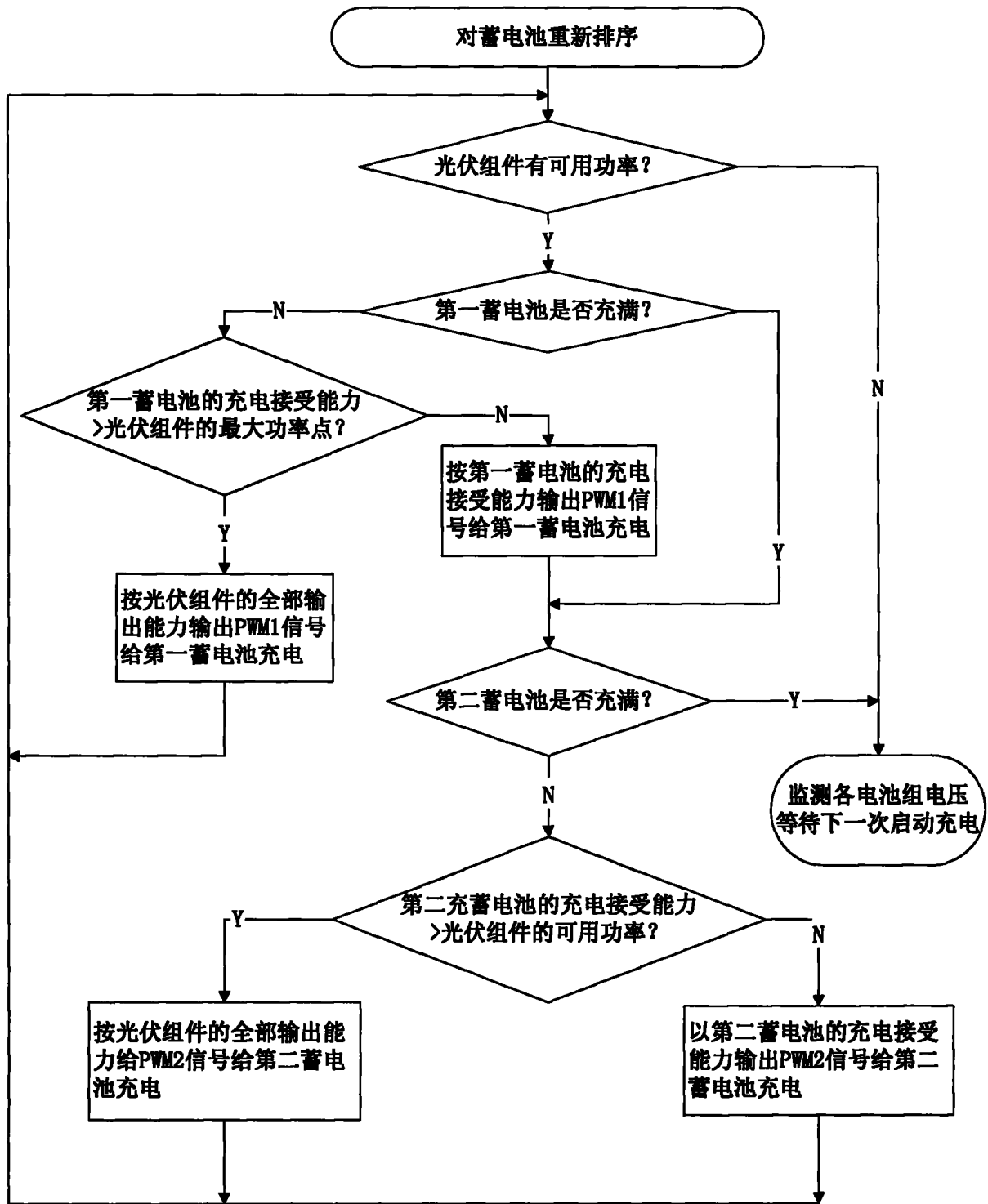


图 8

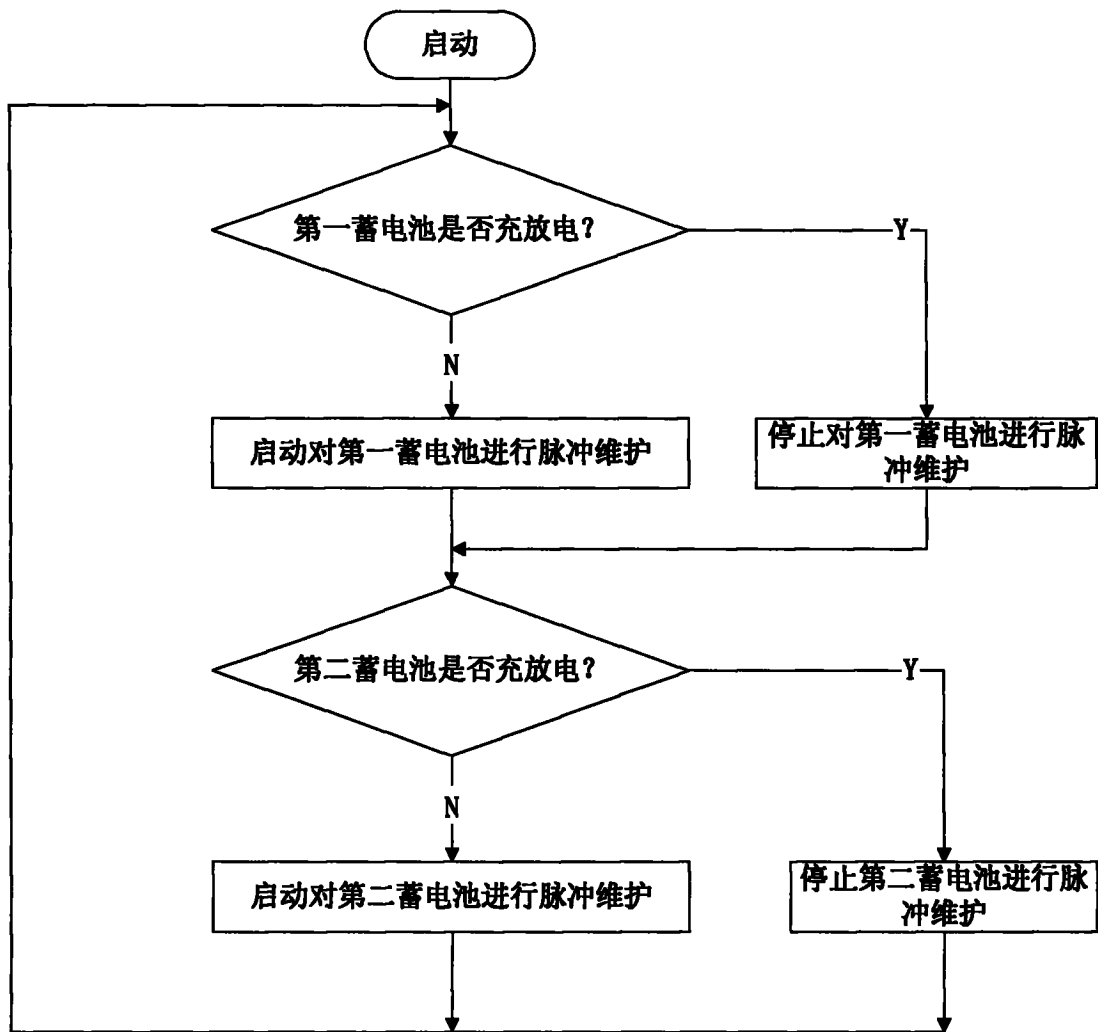


图 9

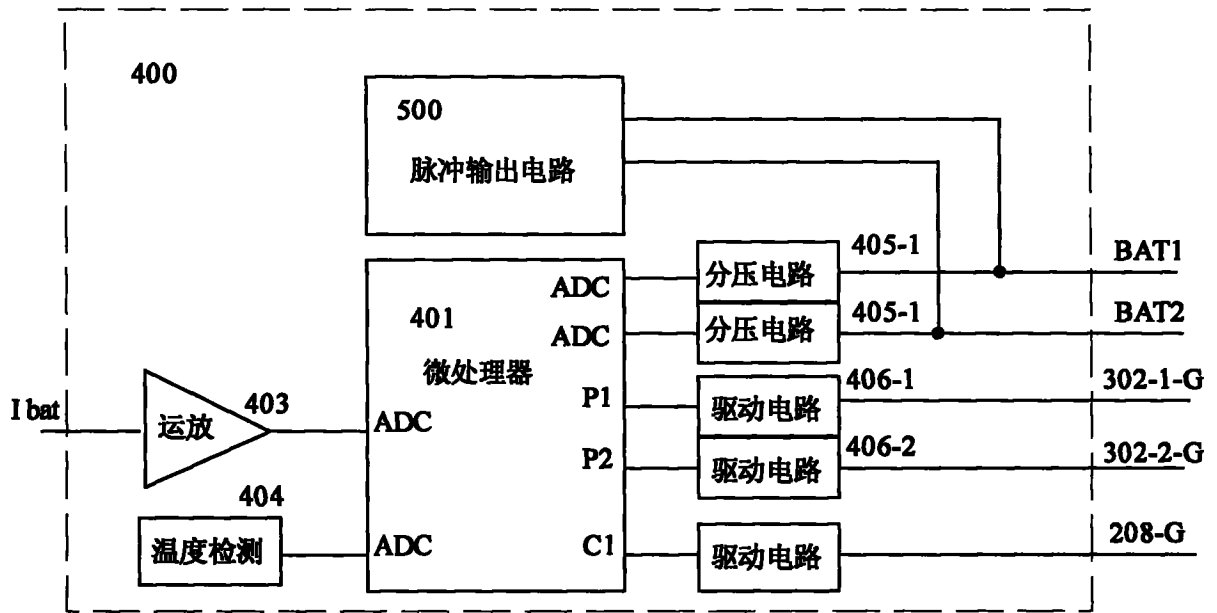


图 10

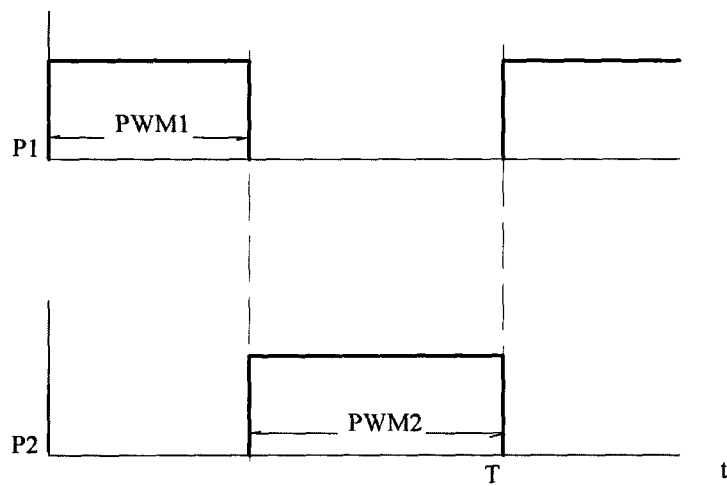


图 11