



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110707783 A

(43)申请公布日 2020.01.17

(21)申请号 201911051745.X

(22)申请日 2019.10.31

(71)申请人 上海科技大学

地址 201210 上海市浦东新区华夏中路393号

(72)发明人 王浩宇 彭发祥

(74)专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司 31001

代理人 徐俊 柏子雯

(51) Int. Cl.

H02J 7/00(2006.01)

B60L 58/22(2019.01)

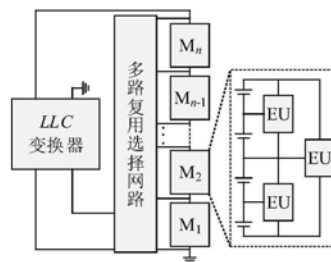
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

基于LLC和Buck-Boost的复合型层级电池均衡电路

(57)摘要

本发明提供了一种基于LLC和Buck-Boost的复合型层级电池均衡电路,其特征在于,包括电池组、多路复用选择网络、模块均衡器、控制单元及采集单元。本发明通过实时监测每个单体电池电压,判断需要均衡的电池或电池模块,通过单体均衡器或多路复用选择网络及模块均衡电路实现C2C或S2M的能量转移,从而实现整个电池组的电压均衡。本发明整合了传统电池组到电池单体和单体到单体均衡结构的优点,同时利用LLC谐振变换器的高效率和频率调整特性以及Buck-Boost电路的结构对称性,以确保高的转换效率,较少的元件数量,更短的均衡路径长度和较好的电路可扩展性,实现系统指标的综合优化。



1. 一种基于LLC和Buck-Boost的复合型层级电池均衡电路,其特征在于,包括电池组、多路复用选择网络、模块均衡器、控制单元及采集单元,其中:

电池组由n个电池模块串联形成,将n个电池模块分别定义为电池模块 M_1 、 M_2 、 \dots 、 M_n ;每个电池模块包括串联的m个电池单体,每个电池单体与由控制单元控制的单体均衡器相连;

采集单元,用于采集电池组中每个电池单体的电压信息,将采集到的电压信息发送给控制单元;

多路复用选择网络包括由控制单元控制打开、闭合的4个极性选择开关和n+1个模块选择开关,通过n+1个模块选择开关的通断以选定待均衡的电池模块,再由控制单元控制相对应的极性选择开关打开、闭合,使得被选中的电池模块的输入正极及输入负极与模块均衡器的输出正极及输出负极相连,通过配置极性选择开关和模块选择开关的通断来建立从模块均衡器的输出端到不平衡的电池模块的直接均衡路径;

模块均衡器基于LLC变换器实现,模块均衡器的输入端并联在电池组的两端,模块均衡器的输出端连接到多路复用选择网络。

2. 如权利要求1所述的一种基于LLC和Buck-Boost的复合型层级电池均衡电路,其特征在于,所述单体均衡器为两级结构。

3. 如权利要求2所述的一种基于LLC和Buck-Boost的复合型层级电池均衡电路,其特征在于,每个电池模块包括 2^k 个所述电池单体, $k \geq 1$,每两个相邻的所述电池单体定义为一个电池单体对,则两级结构的单体均衡器包括第一级单体均衡电路及第二级单体均衡电路,其中:每个电池单体对与由两个开关器件一及一个电感一以基本Buck-Boost拓扑的形式串并联构成的第一级单体均衡电路相连,每相邻两个电池单体对进一步与由两个开关器件二及一个电感二以基本Buck-Boost拓扑的形式串并联构成的第二级单体均衡电路相连;开关器件一及开关器件二由所述控制单元控制。

4. 如权利要求1所述的一种基于LLC和Buck-Boost的复合型层级电池均衡电路,其特征在于,所述模块均衡器包括MOS管 S_{14} 及MOS管 S_{13} ,MOS管 S_{14} 的源极连接MOS管 S_{13} 的漏极,MOS管 S_{14} 的漏极与所述电池组的正极相连;MOS管 S_{13} 的源极与所述电池组的负极相连;MOS管 S_{14} 的源极及MOS管 S_{13} 的漏极连接至变压器原边上端绕组,电容 C_r 串联在MOS管 S_{13} 源极和变压器原边下端绕组之间;MOS管 S_{14} 及MOS管 S_{13} 的门极与所述控制单元相连;变压器副边的双绕组的上、下两端分别连接整流二极管 D_2 和整流二极管 D_1 ,整流二极管 D_2 和整流二极管 D_1 的阳极相连并连接到输出电容 C_o 的下端,变压器副边中间抽头连接到输出电容 C_o 的上端。

5. 如权利要求4所述的一种基于LLC和Buck-Boost的复合型层级电池均衡电路,其特征在于,将4个所述极性选择开关分别定义为极性选择开关 kp_1 、极性选择开关 kp_2 、极性选择开关 kp_3 及极性选择开关 kp_4 ,极性选择开关 kp_3 及极性选择开关 kp_4 的一端连接到输出电容 C_o 的上端,极性选择开关 kp_1 及极性选择开关 kp_2 的一端连接到输出电容 C_o 的下端,极性选择开关 kp_2 及极性选择开关 kp_4 的另一端连接至一条公共母线,极性选择开关 kp_1 及极性选择开关 kp_3 的另一端连接至另一条公共母线,n+1个所述模块选择开关的一端分别连接相应的公共母线,另一端与相应的所述电池模块相连。

基于LLC和Buck-Boost的复合型层级电池均衡电路

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电池均衡电路。

背景技术

[0002] 在电动汽车和储能系统等应用中,通常需要将低压电池串联以满足其电压和功率需求。然而,由于生产工艺问题导致电池单体之间一致性较差,再经过长期的充放电后,电池的不一致性会越来越严重。这造成电池组内部电池单体的电压不均衡,进而导致部分单体的过充或耗尽,这严重限制了电池组的性能和使用寿命。因此,引入电池均衡电路来转移缓解电池单体的不一致,从而达到延长电池组使用寿命和提高旧电池组性能的目的。

[0003] 目前,常见的均衡电路结构主要有电池串到电池(string-to-cell,S2C)和电池到电池(Cell-to-cell,C2C)两类。其中,C2C均衡电路可实现两个相邻电池单体之间的电量传递,具有良好的电路扩展性。然而,对于具有大量电池单体的电池组而言,这类C2C均衡电路需要的元器件数目高,实现成本高。类似的,S2C均衡电路采用共享一个均衡器的方法来降低主动功率器件数目和建立直接的均衡路径,但也离不开高开关数目的多路复用网络,很难降低电路体积。

发明内容

[0004] 本发明的目的是:提供一种新的结构来实现均衡电路性能指标的综合优化。

[0005] 为了达到上述目的,本发明的技术方案是提供了一种基于LLC和Buck-Boost的复合型层级电池均衡电路,其特征在于,包括电池组、多路复用选择网络、模块均衡器、控制单元及采集单元,其中:

[0006] 电池组由 n 个电池模块串联形成,将 n 个电池模块分别定义为电池模块 M_1 、 M_2 、 \dots 、 M_n ;每个电池模块包括串联的 m 个电池单体,每个电池单体与由控制单元控制的单体均衡器相连;

[0007] 采集单元,用于采集电池组中每个电池单体的电压信息,将采集到的电压信息发送给控制单元;

[0008] 多路复用选择网络包括由控制单元控制打开、闭合的4个极性选择开关和 $n+1$ 个模块选择开关,通过 $n+1$ 个模块选择开关的通断以选定待均衡的电池模块,再由控制单元控制相对应的极性选择开关打开、闭合,使得被选中的电池模块的输入正极及输入负极与模块均衡器的输出正极及输出负极相连,通过配置极性选择开关和模块选择开关的通断来建立从模块均衡器的输出端到不均衡的电池模块的直接均衡路径;

[0009] 模块均衡器基于LLC变换器实现,模块均衡器的输入端并联在电池组的两端,模块均衡器的输出端连接到多路复用选择网络。

[0010] 优选地,所述单体均衡器为两级结构。

[0011] 优选地,每个电池模块包括 2^k 个所述电池单体, $k \geq 1$,每两个相邻的所述电池单体定义为一个电池单体对,则两级结构的单体均衡器包括第一级单体均衡电路及第二级单体

均衡电路,其中:每个电池单体对与由两个开关器件及一个电感以基本Buck-Boost拓扑的形式串并联构成的第一级单体均衡电路相连,每相邻两个电池单体对进一步与由两个开关器件及一个电感以基本Buck-Boost拓扑的形式串并联构成的第二级单体均衡电路相连;开关器件一及开关器件二由所述控制单元控制。

[0012] 优选地,所述模块均衡器包括MOS管 S_{14} 及MOS管 S_{13} ,MOS管 S_{14} 的源极连接MOS管 S_{13} 的漏极,MOS管 S_{14} 的漏极与所述电池组的正极相连;MOS管 S_{13} 的源极与所述电池组的负极相连;MOS管 S_{14} 的源极及MOS管 S_{13} 的漏极连接至变压器原边上端绕组,电容 C_r 串联在MOS管 S_{13} 源极和变压器原边下端绕组之间;MOS管 S_{14} 及MOS管 S_{13} 的门极与所述控制单元相连;变压器副边的双绕组的上、下端分别连接整流二极管 D_2 和整流二极管 D_1 ,整流二极管 D_2 和整流二极管 D_1 的阳极相连并连接到输出电容 C_o 的下端,变压器副边中间抽头连接到输出电容 C_o 的上端。

[0013] 优选地,将4个所述极性选择开关分别定义为极性选择开关 kp_1 、极性选择开关 kp_2 、极性选择开关 kp_3 及极性选择开关 kp_4 ,极性选择开关 kp_3 及极性选择开关 kp_4 的一端连接到输出电容 C_o 的上端,极性选择开关 kp_1 及极性选择开关 kp_2 的一端连接到输出电容 C_o 的下端,极性选择开关 kp_2 及极性选择开关 kp_4 的另一端连接至一条公共母线,极性选择开关 kp_1 及极性选择开关 kp_3 的另一端连接至另一条公共母线, $n+1$ 个所述模块选择开关的一端分别连接相应的公共母线,另一端与相应的所述电池模块相连。

[0014] 本发明具有如下有益效果:

[0015] 本发明通过实时监测每个单体电池电压,判断需要均衡的电池或电池模块,通过单体均衡器或多路复用选择网络及模块均衡电路实现C2C或S2M的能量转移,从而实现整个电池组的电压均衡。本发明整合了传统电池组到电池单体和单体到单体均衡结构的优点,同时利用LLC谐振变换器的高效率和频率调整特性以及Buck-Boost电路的结构对称性,以确保高的转换效率,较少的元件数量,更短的均衡路径长度和较好的电路可扩展性,实现系统指标的综合优化。

附图说明

[0016] 图1为本发明提出的复合型电池均衡电路;

[0017] 图2为本发明的实施实例图;

[0018] 图3(a)及图3(b)为电池模块均衡电路的等效图,其中,图3(a)为 S_{13} 断开、 S_{14} 闭合;图3(b)为 S_{13} 闭合、 S_{14} 断开;

[0019] 图4(a)及图4(b)为电池单体均衡电路单元的等效图,其中,图4(a)为 S_1 闭合、 S_2 断开;图4(b)为 S_1 断开、 S_2 闭合;

[0020] 图5为模块均衡电路电压增益与开关频率的对应关系;

[0021] 图6为模块均衡电路输出电流与开关频率的对应关系;

[0022] 图7为均衡控制逻辑框图。

具体实施方式

[0023] 下面结合具体实施例,进一步阐述本发明。应理解,这些实施例仅用于说明本发明而并不用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人

员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

[0024] 本发明提供了一种基于LLC和Buck-Boost的复合型层级电池均衡电路,是一种包括电池到电池(C2C)与电池串到电池模块(string-to-module,S2M)均衡的复合式层级均衡电路,在保证较高的转换效率,较少的元件数量,更短的均衡路径长度的同时,也保持了较好的电路可扩展性,实现系统指标的综合优化。

[0025] 如图1所示,对于一个由 n 个电池模块 M_1 、 M_2 、 \dots 、 M_n 串联而成的电池组,本发明提供的复合结构包括:模块均衡器、多路复用选择网络、两级结构的单体均衡器及控制单元。其中,模块均衡器由控制单元控制,基于LLC变换器实现,其输入端并联在整个电池组的两端,其输出端连接到多路复用选择网络的输入,用来实现整个电池组到电池组中特定电池模块的均衡。多路复用选择网络包括由4个由控制单元控制打开、闭合的极性选择开关 $k_{p1} \sim k_{p4}$ 和 $n+1$ 个由控制单元控制打开、闭合的模块选择开关。通过配置极性选择开关及模块选择开关的通断来建立从模块均衡器的输出端到不平衡的电池模块的直接均衡路径。两级单体均衡器由基于Buck-Boost变换器的多个均衡单元(EU,Equalizer Unit)构成,用于实现相邻电池单体/组的均衡。

[0026] 以电池组由两个电池模块串联而成,每个电池模块又由四个电池单体串联而成为例来进一步说明本发明。其中,电池单体 $Cell_1$ 、 $Cell_2$ 、 $Cell_3$ 、 $Cell_4$ 串联呈了电池模块 M_1 ;电池单体 $Cell_5$ 、 $Cell_6$ 、 $Cell_7$ 、 $Cell_8$ 串联呈了电池模块 M_2 。

[0027] 模块均衡器包括MOS管 S_{14} 及MOS管 S_{13} ,MOS管 S_{14} 的源极连接MOS管 S_{13} 的漏极,MOS管 S_{14} 的漏极与电池组的正极相连;MOS管 S_{13} 的源极与所述电池组的负极相连;MOS管 S_{14} 的源极及MOS管 S_{13} 的漏极连接至变压器原边上端绕组,电容 C_r 串联在MOS管 S_{13} 源极和变压器原边下端绕组之间;MOS管 S_{14} 及MOS管 S_{13} 的门极与所述控制单元相连;变压器副边的双绕组的上、下端分别连接整流二极管 D_2 和整流二极管 D_1 ,整流二极管 D_2 和整流二极管 D_1 的阳极相连并连接到输出电容 C_o 的下端,变压器副边中间抽头连接到输出电容 C_o 的上端。图2中的电感 L_r 和 L_m 由带中间抽头的变压器的漏感和励磁电感实现。

[0028] 极性选择开关 k_{p3} 及极性选择开关 k_{p4} 的一端连接到输出电容 C_o 的上端,极性选择开关 k_{p1} 及极性选择开关 k_{p2} 的一端连接到输出电容 C_o 的下端。极性选择开关 k_{p2} 及极性选择开关 k_{p4} 的另一端连接至一条公共母线,模块选择开关 k_2 的一端连接至该公共母线,另一端连接至电池模块 M_1 与电池模块 M_2 的中点。极性选择开关 k_{p1} 及极性选择开关 k_{p3} 的另一端连接至另一条公共母线,模块选择开关 k_3 、 k_1 的一端连接至该公共母线, k_1 的另一端连接至电池模块 M_1 的负极, k_3 的另一端连接至电池模块 M_2 的正极。

[0029] 以电池模块 M_1 为例,MOS管 S_1 、MOS管 S_2 及电感 L_1 以基本Buck-Boost拓扑的形式串并联构成对应于电池单体 $Cell_1$ 、 $Cell_2$ 的第一级单体均衡电路。同样地,MOS管 S_3 、MOS管 S_4 及电感 L_2 以基本Buck-Boost拓扑的形式串并联构成对应于电池单体 $Cell_3$ 、 $Cell_4$ 的第一级单体均衡电路。MOS管 S_5 、MOS管 S_6 及电感 L_3 以基本Buck-Boost拓扑的形式串并联构成对应于电池单体 $Cell_1$ 、 $Cell_2$ 、 $Cell_3$ 、 $Cell_4$ 的第二级单体均衡电路。从而实现以基本Buck-Boost拓扑的形式串并联构成两级单体均衡结构。其中,MOS管 S_1 、MOS管 S_2 、MOS管 S_3 、MOS管 S_4 的门极由控制单元控制。

[0030] 电池模块 M_2 的原理同电池模块 M_1 ,此处不再赘述。

[0031] 图2所示的模块均衡器的谐振频率设为200kHz,单体均衡器的开关频率设为100kHz,控制逻辑见图7。由电池监控芯片测量8节电池的端电压,并补偿电池内阻压降得到开路电压,判断每节电池单体/模块的开路电压是否在预设范围,若某单体电池/模块不在预设范围,则控制器控制多路复用选择网络,并产生PWM信号,启动模块/单体间的均衡。当被均衡电池/模块开路电压均满足所设定的电压范围时,均衡过程结束。

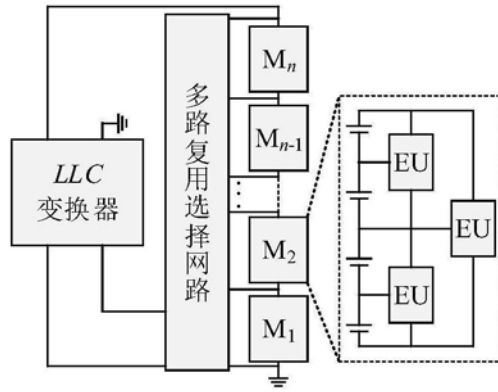


图1

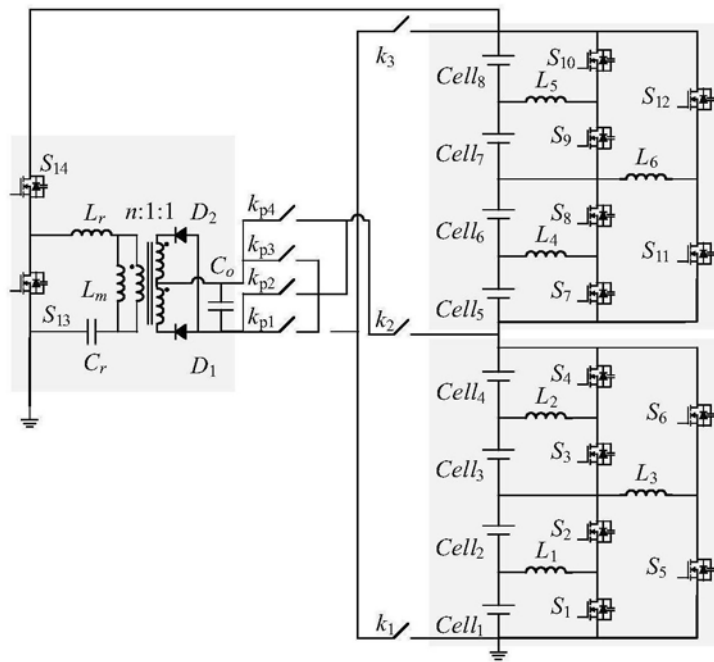


图2

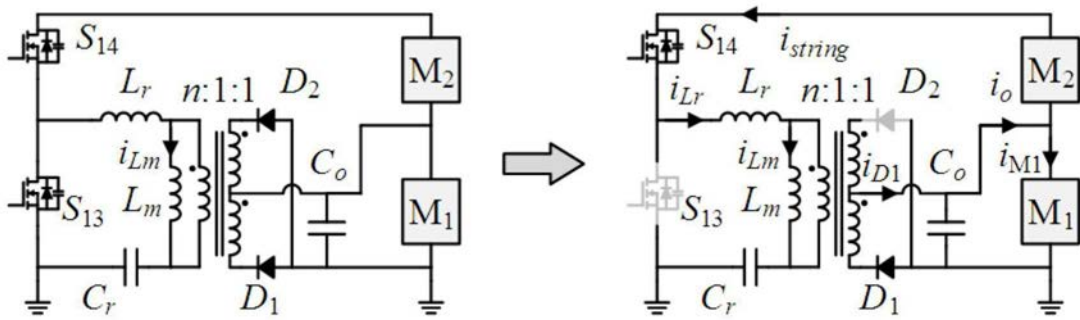


图3(a)

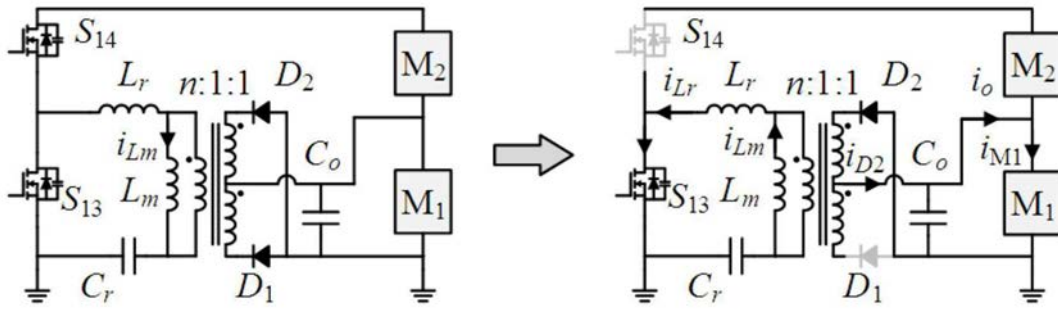


图3 (b)

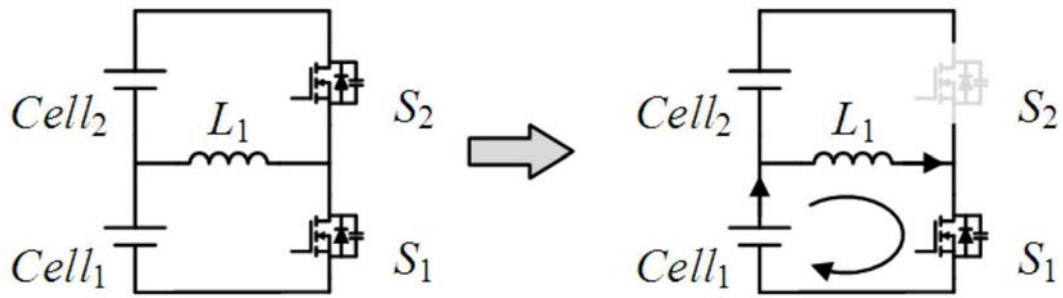


图4 (a)

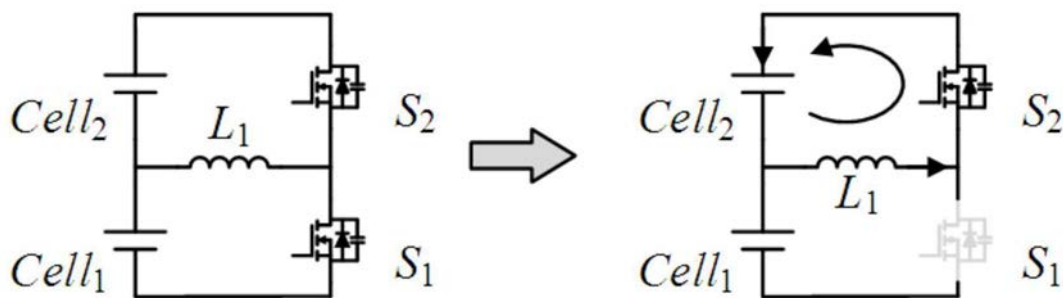


图4 (b)

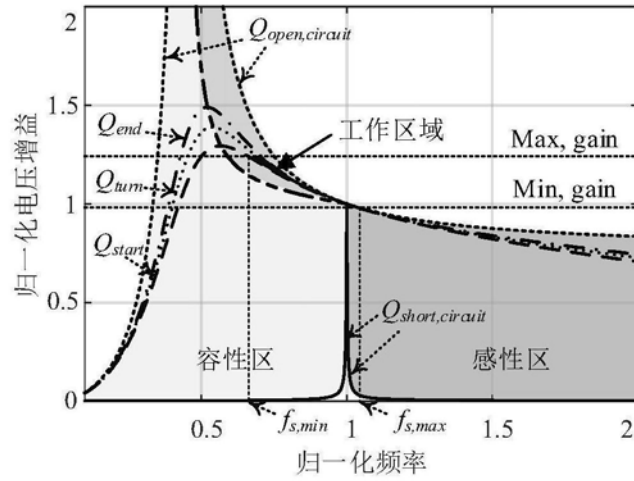


图5

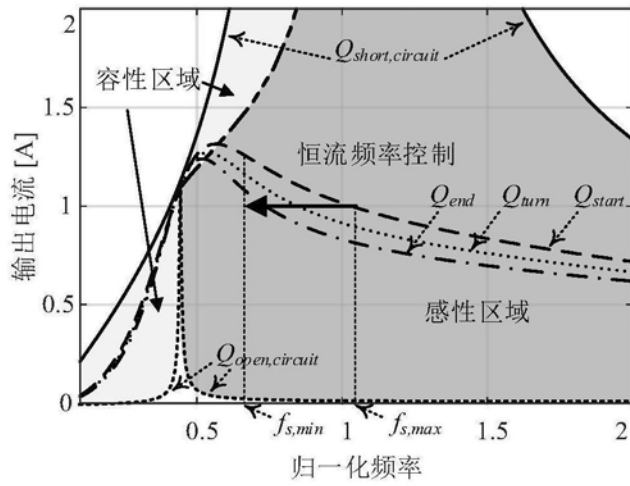


图6

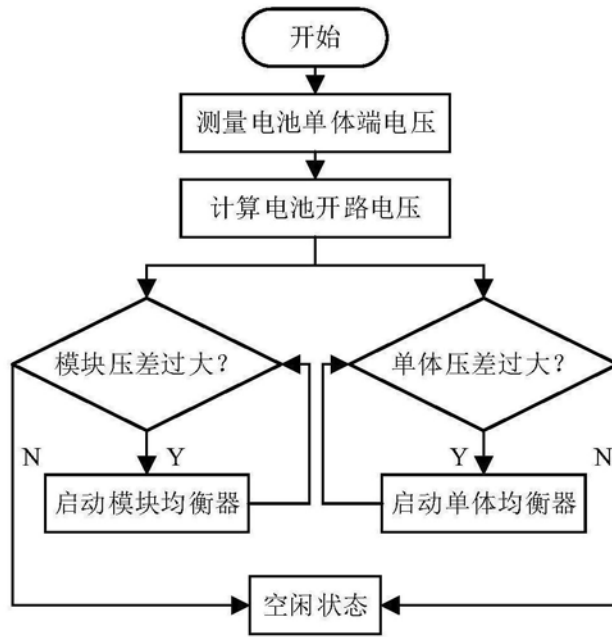


图7