



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107768701 A

(43)申请公布日 2018.03.06

(21)申请号 201610681583.8

(22)申请日 2016.08.17

(71)申请人 大连融科储能技术发展有限公司
地址 116025 辽宁省大连市高新园区信达街22号

(72)发明人 赵海军 张华民 马相坤 霍洋
辛士帅 叱干婷

(74)专利代理机构 大连东方专利代理有限责任
公司 21212
代理人 孔祥丹 李洪福

(51)Int.Cl.
H01M 8/18(2006.01)
H01M 8/2404(2016.01)

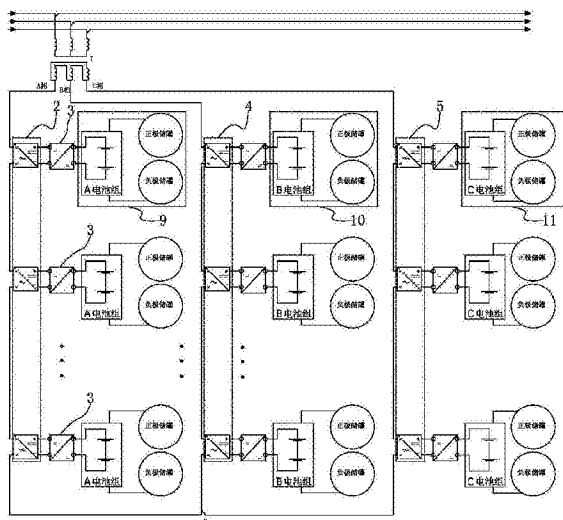
权利要求书3页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种大规模液流电池储能装置

(57)摘要

本发明公开了一种大规模液流电池储能装置,包括:多个A液流电池、多个B液流电池和多个C液流电池;A液流电池包括A电池组和与A电池组相连接的电解液循环系统;B液流电池包括B电池组和与B电池组相连接的电解液循环系统;C液流电池包括C电池组和与C电池组相连接的电解液循环系统;具有多个功率单元的储能变流器;多个功率单元均分为三组,分别为A组功率单元、B组功率单元和C组功率单元;本发明提高了液流电池整体效率和安全性。



1. 一种大规模液流电池储能装置,其特征在于所述储能装置包括:

多个A液流电池、多个B液流电池和多个C液流电池;所述A液流电池包括A电池组和与A电池组相连接的电解液循环系统;所述B液流电池包括B电池组和与B电池组相连接的电解液循环系统;所述C液流电池包括C电池组和与C电池组相连接的电解液循环系统;

具有多个功率单元的储能变流器;所述多个功率单元均分为三组,分别为A组功率单元、B组功率单元和C组功率单元;A组功率单元交流侧级联后接入三相电的A相线和中性线之间,直流侧分别连接各A电池组;B组功率单元交流侧级联后接入三相电的B相线和中性线之间,直流侧分别连接各B电池组;C组功率单元交流侧级联后接入三相电的C相线和中性线之间,直流侧分别连接各C电池组。

2. 根据权利要求1所述的一种大规模液流电池储能装置,其特征在于A电池组、B电池组或C电池组均分别包括在电路上相互串联的多个电堆;所述电解液循环系统至少包括正极储罐、负极储罐和电解液循环管路;A电池组、B电池组与C电池组之间相互电隔离且等电位。

3. 根据权利要求1所述的一种大规模液流电池储能装置,其特征在于通过增加A液流电池、B液流电池和C液流电池的数量来改变所述液流电池系统的储能规模。

4. 根据权利要求1所述的一种大规模液流电池储能装置,其特征在于,

各功率单元与A电池组、B电池组和C电池组之间均设有DC/DC隔离变换模块;

或者所述储能装置还包括A变压器、B变压器和C变压器;A变压器的原边绕组两端分别连接三相电的A相线和中性线;所述A变压器通过多个副边绕组分别连接A组功率单元的各功率单元交流侧;B变压器的原边绕组两端分别连接三相电的B相线和中性线;所述B变压器通过多个副边绕组分别连接B组功率单元的各功率单元交流侧;C变压器的原边绕组两端分别连接三相电的C相线和中性线;所述C变压器通过多个副边绕组分别连接C组功率单元的各功率单元交流侧。

5. 根据权利要求1所述的一种大规模液流电池储能装置,其特征在于A组功率单元所包括的各功率单元输入输出参数相同;B组功率单元所包括的各功率单元输入输出参数相同;C组功率单元所包括的各功率单元输入输出参数相同;所述功率单元采用H桥变换电路。

6. 根据权利要求1所述的一种大规模液流电池储能装置,其特征在于通过调节A组功率单元的各功率单元交流侧电压来缩小各A电池组之间的SOC差异;通过调节B组功率单元的各功率单元交流侧电压来缩小各B电池组之间的SOC差异;通过调节C组功率单元的各功率单元交流侧电压来缩小各C电池组之间的SOC差异。

7. 根据权利要求6所述的一种大规模液流电池储能装置,其特征在于,

在充电过程中,通过调节A组功率单元的各功率单元交流侧电压,使得多个A电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组吸收的功率低于SOC值符合第二预设条件的电池组吸收的功率,通过调节B组功率单元的各功率单元交流侧电压,使得多个B电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组吸收的功率低于SOC值符合第二预设条件的电池组吸收的功率,通过调节C组功率单元的各功率单元交流侧电压,使得多个C电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组吸收的功率低于SOC值符合第二预设条件的电池组吸收的功率;

在放电过程中,通过调节A组功率单元的各功率单元交流侧电压,使得多个A电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组释放的功率高于SOC值符合第二预设条件的电池组释放的功率,通过调节B组功率单元的各功率单元交流侧电压,使得多个B电池组中SOC值符合第

一预设条件的电池组释放的功率高于SOC值符合第二预设条件的电池组释放的功率,通过调节C组功率单元的各功率单元交流侧电压,使得多个C电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组释放的功率高于SOC值符合第二预设条件的电池组释放的功率。

8. 根据权利要求7所述的一种大规模液流电池储能装置,其特征在于通过调制波 $\Delta V_{CAi} = k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta SOC_{Ai} \cdot V_{CA}$ 对A组功率单元中第i个功率单元进行调制,通过调制波 $\Delta V_{CBi} = k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta SOC_{Bi} \cdot V_{CB}$ 对B组功率单元中第i个功率单元进行调制,通过调制波 $\Delta V_{Cci} = k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta SOC_{Ci} \cdot V_{CC}$ 对C组功率单元中第i个功率单元进行调制;

其中, ΔV_{CAi} 表示对A组功率单元中第i个功率单元进行调制的调制波, ΔV_{CBi} 表示对B组功率单元中第i个功率单元进行调制的调制波, ΔV_{Cci} 表示对C组功率单元中第i个功率单元进行调制的调制波, $k_1 = \begin{cases} 1 & I_d \geq 0 \\ -1 & I_d < 0 \end{cases}$, $k_2 = 0 \sim 2$, $\Delta SOC_{Ai} = SOC_A - SOC_{Ai}$, SOC_A 表示多个A电池组的SOC平均值、 $SOC_A = \frac{1}{n}(SOC_{A1} + SOC_{A2} + \dots + SOC_{An})$, SOC_{Ai} 表示第i个A电池组的SOC值, V_{CA}

表示A相电压, SOC_B 表示多个B电池组的SOC平均值、 $SOC_B = \frac{1}{n}(SOC_{B1} + SOC_{B2} + \dots + SOC_{Bn})$, SOC_{Bi} 表示第i个B电池组的SOC值, V_{CB} 表示B相电压, SOC_C 表示多个C电池组的SOC平均值、 $SOC_C = \frac{1}{n}(SOC_{C1} + SOC_{C2} + \dots + SOC_{Cn})$, SOC_{Ci} 表示第i个C电池组的SOC值, V_{CC} 表示C相电压,

$i = 1, 2, \dots, n$, I_d 表示储能变流器直流侧的总电流。

9. 根据权利要求1所述的一种大规模液流电池储能装置,其特征在于通过调节A组功率单元、B组功率单元和C组功率单元的输入功率或输出功率来缩小A电池组、B电池组和C电池组之间的SOC差异。

10. 根据权利要求9所述的一种大规模液流电池储能装置,其特征在于通过在中性点叠加电压 $V_0(t) = k_1 \cdot k_0 \cdot \Delta SOC \cdot \cos(\omega t + \delta - \gamma)$ 来调节A组功率单元、B组功率单元和C组功率单元的输入功率或输出功率;

其中, $k_1 = \begin{cases} 1 & I_d \geq 0 \\ -1 & I_d < 0 \end{cases}$, $k_0 = 0 \sim 1$, $\Delta SOC = \sqrt{1.5\Delta SOC_A^2 + 0.5(\Delta SOC_B - \Delta SOC_C)^2}$, $\Delta SOC_A = SOC_{avg} - SOC_A$, $\Delta SOC_B = SOC_{avg} - SOC_B$, $\Delta SOC_C = SOC_{avg} - SOC_C$,

$SOC_{avg} = \frac{1}{3}(SOC_A + SOC_B + SOC_C)$, $SOC_A = \frac{1}{n}(SOC_{A1} + SOC_{A2} + \dots + SOC_{An})$, SOC_{Ai} 表示第i个A

电池组的SOC值, $SOC_B = \frac{1}{n}(SOC_{B1} + SOC_{B2} + \dots + SOC_{Bn})$, SOC_{Bi} 表示第i个B电池组的SOC值,

$SOC_C = \frac{1}{n}(SOC_{C1} + SOC_{C2} + \dots + SOC_{Cn})$, SOC_{Ci} 表示第i个C电池组的SOC值, $i = 1, 2, \dots, n$, ω 表示三

相电的角频率, t 表示时间, $\delta = \begin{cases} \arctan\left(\frac{I_q}{I_d}\right) & (I_d \neq 0) \\ \frac{\pi}{2} & (I_d = 0, I_q > 0) \\ -\frac{\pi}{2} & (I_d = 0, I_q < 0) \end{cases}$, $\gamma = \begin{cases} \arctan\left(\frac{\Delta SOC_B}{\Delta SOC_A}\right) & (\Delta SOC_A \neq 0) \\ \frac{\pi}{2} & (\Delta SOC_A = 0, \Delta SOC_B > \Delta SOC_C) \\ -\frac{\pi}{2} & (\Delta SOC_A = 0, \Delta SOC_B < \Delta SOC_C) \end{cases}$,

I_q 表示储能变流器交流侧的总电流。

一种大规模液流电池储能装置

技术领域

[0001] 本发明属于液流电池技术领域,具体涉及一种大规模液流电池储能装置。

背景技术

[0002] 目前,国内外的液流电池大规模成组方案主要有以下几种方式:①液流电池系统串联;②液流电池系统并联;③液流电池系统串并组合;现有的液流电池大规模成组方案存在如下缺陷:

[0003] 1、液流电池系统内部各电堆串联与并联级数受限,由于在同一系统内各个电堆之间共用一套电解液储罐与管路,在经过多级串联之后各电堆承受较大电压导致系统管路中漏电流增大,损坏设备,而并联会导致电压过低,电流过大,系统效率太低,无法转换为需要的交流系统;

[0004] 2、液流电池系统之间串联与并联,在多个液流电池系统之间串联或并联时严格要求各系统之间管路相互独立,由于各液流电池系统内阻偏差导致各系统之间SOC不一致,经过多次充放电循环后会形成木桶效应,导致整套系统瘫痪,针对这一问题现有技术是采用将各套液流电池系统所有正极储罐通过管路相连,所有负极储罐通过管路相连,来均衡各个系统之间SOC,但这样会导致在充放电时各系统之间管路相连产生较大漏电流损失能量,同时大电流容易烧毁设备,影响设备使用率。

[0005] 另外,液流电池系统经过一定的串联、并联、或者串并联之后再通过储能变流器转换成三相交流电连接至交流电网;目前液流电池技术领域所采用的储能变流器均为三相全控桥变流器,已有的将变流器所包括的功率模块进行串联或并联的技术应用在静止型动态无功补偿装置(SVG)上,尚未涉及液流电池系统的应用;现有的变流器还具有H桥级联式变流器结构,其中H桥串联电压较高,液流电池无法满足高电压要求,并且,H桥串联结构中,各个功率模块的电压为叠加模式,因此要求液流电池系统完全独立绝缘,而现有的液流电池系统各功率单元通过电解液循环管路相连而无法分离,故H桥级联式变流器结构并不适用于现有的液流电池系统。

发明内容

[0006] 本发明针对以上问题的提出,而研制一种液流电池系统及大规模液流电池储能装置。

[0007] 本发明的技术手段如下:

[0008] 一种大规模液流电池储能装置,包括:

[0009] 多个A液流电池、多个B液流电池和多个C液流电池;所述A液流电池包括A电池组和与A电池组相连接的电解液循环系统;所述B液流电池包括B电池组和与B电池组相连接的电解液循环系统;所述C液流电池包括C电池组和与C电池组相连接的电解液循环系统;

[0010] 具有多个功率单元的储能变流器;所述多个功率单元均分为三组,分别为A组功率单元、B组功率单元和C组功率单元;A组功率单元交流侧级联后接入三相电的A相线和中性

线之间,直流侧分别连接各A电池组;B组功率单元交流侧级联后接入三相电的B相线和中性线之间,直流侧分别连接各B电池组;C组功率单元交流侧级联后接入三相电的C相线和中性线之间,直流侧分别连接各C电池组;

[0011] 进一步地,A电池组、B电池组或C电池组均分别包括在电路上相互串联的多个电堆;所述电解液循环系统至少包括正极储罐、负极储罐和电解液循环管路;A电池组、B电池组与C电池组之间相互电隔离且等电位;

[0012] 进一步地,通过增加A液流电池、B液流电池和C液流电池的数量来改变所述液流电池系统的储能规模;

[0013] 进一步地,

[0014] 各功率单元与A电池组、B电池组和C电池组之间均设有DC/DC隔离变换模块;

[0015] 或者所述储能装置还包括A变压器、B变压器和C变压器;A变压器的原边绕组两端分别连接三相电的A相线和中性线;所述A变压器通过多个副边绕组分别连接A组功率单元的各功率单元交流侧;B变压器的原边绕组两端分别连接三相电的B相线和中性线;所述B变压器通过多个副边绕组分别连接B组功率单元的各功率单元交流侧;C变压器的原边绕组两端分别连接三相电的C相线和中性线;所述C变压器通过多个副边绕组分别连接C组功率单元的各功率单元交流侧;

[0016] 进一步地,A组功率单元所包括的各功率单元输入输出参数相同;B组功率单元所包括的各功率单元输入输出参数相同;C组功率单元所包括的各功率单元输入输出参数相同;所述功率单元采用H桥变换电路;

[0017] 进一步地,通过调节A组功率单元的各功率单元交流侧电压来缩小各A电池组之间的SOC差异;通过调节B组功率单元的各功率单元交流侧电压来缩小各B电池组之间的SOC差异;通过调节C组功率单元的各功率单元交流侧电压来缩小各C电池组之间的SOC差异;

[0018] 进一步地,

[0019] 在充电过程中,通过调节A组功率单元的各功率单元交流侧电压,使得多个A电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组吸收的功率低于SOC值符合第二预设条件的电池组吸收的功率,通过调节B组功率单元的各功率单元交流侧电压,使得多个B电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组吸收的功率低于SOC值符合第二预设条件的电池组吸收的功率,通过调节C组功率单元的各功率单元交流侧电压,使得多个C电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组吸收的功率低于SOC值符合第二预设条件的电池组吸收的功率;

[0020] 在放电过程中,通过调节A组功率单元的各功率单元交流侧电压,使得多个A电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组释放的功率高于SOC值符合第二预设条件的电池组释放的功率,通过调节B组功率单元的各功率单元交流侧电压,使得多个B电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组释放的功率高于SOC值符合第二预设条件的电池组释放的功率,通过调节C组功率单元的各功率单元交流侧电压,使得多个C电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组释放的功率高于SOC值符合第二预设条件的电池组释放的功率;

[0021] 进一步地,通过调制波 $\Delta V_{CAi} = k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta SOC_{Ai} \cdot V_{CA}$ 对A组功率单元中第i个功率单元进行调制,通过调制波 $\Delta V_{CBi} = k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta SOC_{Bi} \cdot V_{CB}$ 对B组功率单元中第i个功率单元进行调制,通过调制波 $\Delta V_{CCi} = k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta SOC_{Ci} \cdot V_{CC}$ 对C组功率单元中第i个功率单元进行调制;

[0022] 其中, ΔV_{CAi} 表示对A组功率单元中第i个功率单元进行调制的调制波, ΔV_{CBi} 表示对B组功率单元中第i个功率单元进行调制的调制波, ΔV_{CCi} 表示对C组功率单元中第i个功率单元进行调制的调制波, $k_1 = \begin{cases} 1 & I_d \geq 0 \\ -1 & I_d < 0 \end{cases}$, $k_2 = 0 \sim 2$, $\Delta SOC_{Ai} = SOC_A - SOC_{Ai}$, SOC_A 表示多个A电

池组的SOC平均值, $SOC_A = \frac{1}{n}(SOC_{A1} + SOC_{A2} + \dots + SOC_{An})$, SOC_{Ai} 表示第i个A电池组的SOC值,

V_{CA} 表示A相电压, SOC_B 表示多个B电池组的SOC平均值, $SOC_B = \frac{1}{n}(SOC_{B1} + SOC_{B2} + \dots + SOC_{Bn})$,

SOC_{Bi} 表示第i个B电池组的SOC值, V_{CB} 表示B相电压, SOC_C 表示多个C电池组的SOC平均值、

$SOC_C = \frac{1}{n}(SOC_{C1} + SOC_{C2} + \dots + SOC_{Cn})$, SOC_{Ci} 表示第i个C电池组的SOC值, V_{CC} 表示C相电压,

$i = 1, 2, \dots, n$, I_d 表示储能变流器直流侧的总电流;

[0023] 进一步地,通过调节A组功率单元、B组功率单元和C组功率单元的输入功率或输出功率来缩小A电池组、B电池组和C电池组之间的SOC差异;

[0024] 进一步地,通过在中性点叠加电压 $V_0(t) = k_1 \cdot k_0 \cdot \Delta SOC \cdot \cos(\omega t + \delta - \gamma)$ 来调节A组功率单元、B组功率单元和C组功率单元的输入功率或输出功率;

[0025] 其中, $k_1 = \begin{cases} 1 & I_d \geq 0 \\ -1 & I_d < 0 \end{cases}$, $k_0 = 0 \sim 1$, $\Delta SOC = \sqrt{1.5\Delta SOC_A^2 + 0.5(\Delta SOC_B - \Delta SOC_C)^2}$,

$\Delta SOC_A = SOC_{avg} - SOC_A$, $\Delta SOC_B = SOC_{avg} - SOC_B$, $\Delta SOC_C = SOC_{avg} - SOC_C$,

$SOC_{avg} = \frac{1}{3}(SOC_A + SOC_B + SOC_C)$, $SOC_A = \frac{1}{n}(SOC_{A1} + SOC_{A2} + \dots + SOC_{An})$, SOC_{Ai} 表示第i个

A电池组的SOC值, $SOC_B = \frac{1}{n}(SOC_{B1} + SOC_{B2} + \dots + SOC_{Bn})$, SOC_{Bi} 表示第i个B电池组的SOC值,

$SOC_C = \frac{1}{n}(SOC_{C1} + SOC_{C2} + \dots + SOC_{Cn})$, SOC_{Ci} 表示第i个C电池组的SOC值, $i = 1, 2, \dots, n$, ω 表示三

相电的角频率, t 表示时间, $\delta = \begin{cases} \arctan\left(\frac{I_q}{I_d}\right) & (I_d \neq 0) \\ \frac{\pi}{2} & (I_d = 0, I_q > 0) \\ -\frac{\pi}{2} & (I_d = 0, I_q < 0) \end{cases}$, $\gamma = \begin{cases} \arctan\left(\frac{\Delta SOC_B}{\Delta SOC_A}\right) & (\Delta SOC_A \neq 0) \\ \frac{\pi}{2} & (\Delta SOC_A = 0, \Delta SOC_B > \Delta SOC_C) \\ -\frac{\pi}{2} & (\Delta SOC_A = 0, \Delta SOC_B < \Delta SOC_C) \end{cases}$,

I_q 表示储能变流器交流侧的总电流。

[0026] 由于采用了上述技术方案,本发明提供了一种大规模液流电池储能装置,能够保持各电池组参考电位不变,相对节省储能逆变器成本,不需要较高的耐压设计;A液流电池同其所连接的A组功率单元、B液流电池同其所连接的B组功率单元、以及C液流电池同其所连接的C组功率单元构成一个层级,不同层级所包括的电池组的功率可控,从而可以调整各层级不同相间电池组之间的SOC,解决了各层级之间SOC不一致问题;当各层级电池组SOC相差较大情况下,可以通过控制储能变流器使SOC趋于收敛;对液流电池系统进行扩容时,仅需要增加单个电池组功率,充放电电流不发生变化;液流电池不需要经过多次串联和并联,即可大大降低电解液的漏电电流,提高了液流电池整体效率和安全性;在同等容量和电压

条件下与其它拓扑结构的储能系统相比,这种结构联接的电池簇直流电压、电流更小,减小了液流电池串并联的规模,降低了电池短板效应对大容量电池储能系统的影响。

附图说明

[0027] 图1是本发明A液流电池的结构示意图;

[0028] 图2和图3是本发明所述储能装置的结构示意图;

[0029] 图4-a、图4-b、图4-c是本发明多个A电池组、多个B电池组或多个C电池组的SOC平均值的状态与相应的A组功率单元、B组功率单元或C组功率单元的输入功率情况示意图。

[0030] 图中:1、电堆,2、A组功率单元,3、DC/DC隔离变换模块,4、B组功率单元,5、C组功率单元,6、A变压器,7、B变压器,8、C变压器,9、A液流电池,10、B液流电池,11、C液流电池。

具体实施方式

[0031] 如图2和图3所示的一种大规模液流电池储能装置,包括:多个A液流电池9、多个B液流电池10和多个C液流电池11;所述A液流电池9包括A电池组和与A电池组相连接的电解液循环系统;所述B液流电池10包括B电池组和与B电池组相连接的电解液循环系统;所述C液流电池11包括C电池组和与C电池组相连接的电解液循环系统;具有多个功率单元的储能变流器;所述多个功率单元均分为三组,分别为A组功率单元2、B组功率单元4和C组功率单元5;A组功率单元2交流侧级联后接入三相电的A相线和中性线之间,直流侧分别连接各A电池组;B组功率单元4交流侧级联后接入三相电的B相线和中性线之间,直流侧分别连接各B电池组;C组功率单元5交流侧级联后接入三相电的C相线和中性线之间,直流侧分别连接各C电池组;进一步地,A电池组、B电池组或C电池组均分别包括在电路上相互串联的多个电堆1;所述电解液循环系统至少包括正极储罐、负极储罐和电解液循环管路;进一步地,A电池组、B电池组与C电池组之间相互电隔离且等电位;进一步地,通过增加A液流电池9、B液流电池10和C液流电池11的数量来改变所述液流电池系统的储能规模;进一步地,各功率单元与A电池组、B电池组和C电池组之间均设有DC/DC隔离变换模块3;或者所述储能装置还包括A变压器6、B变压器7和C变压器8;A变压器6的原边绕组两端分别连接三相电的A相线和中性线;所述A变压器6通过多个副边绕组分别连接A组功率单元2的各功率单元交流侧;B变压器7的原边绕组两端分别连接三相电的B相线和中性线;所述B变压器7通过多个副边绕组分别连接B组功率单元4的各功率单元交流侧;C变压器8的原边绕组两端分别连接三相电的C相线和中性线;所述C变压器8通过多个副边绕组分别连接C组功率单元5的各功率单元交流侧;进一步地,A组功率单元2所包括的各功率单元输入输出参数相同;B组功率单元4所包括的各功率单元输入输出参数相同;C组功率单元5所包括的各功率单元输入输出参数相同;所述功率单元采用H桥变换电路;进一步地,通过调节A组功率单元2的各功率单元交流侧电压来缩小各A电池组之间的SOC差异;通过调节B组功率单元4的各功率单元交流侧电压来缩小各B电池组之间的SOC差异;通过调节C组功率单元5的各功率单元交流侧电压来缩小各C电池组之间的SOC差异;进一步地,在充电过程中,通过调节A组功率单元2的各功率单元交流侧电压,使得多个A电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组吸收的功率低于SOC值符合第二预设条件的电池组吸收的功率,通过调节B组功率单元4的各功率单元交流侧电压,使得多个B电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组吸收的功率低于SOC值符合第二预设

条件的电池组吸收的功率,通过调节C组功率单元5的各功率单元交流侧电压,使得多个C电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组吸收的功率低于SOC值符合第二预设条件的电池组吸收的功率;在放电过程中,通过调节A组功率单元2的各功率单元交流侧电压,使得多个A电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组释放的功率高于SOC值符合第二预设条件的电池组释放的功率,通过调节B组功率单元4的各功率单元交流侧电压,使得多个B电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组释放的功率高于SOC值符合第二预设条件的电池组释放的功率;通过调节C组功率单元5的各功率单元交流侧电压,使得多个C电池组中SOC值符合第一预设条件的电池组释放的功率高于SOC值符合第二预设条件的电池组释放的功率;进一步地,通过调制波 $\Delta V_{CAi} = k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta SOC_{Ai} \cdot V_{CA}$ 对A组功率单元2中第i个功率单元进行调制,通过调制波 $\Delta V_{CBi} = k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta SOC_{Bi} \cdot V_{CB}$ 对B组功率单元4中第i个功率单元进行调制,通过调制波 $\Delta V_{Cci} = k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta SOC_{Ci} \cdot V_{CC}$ 对C组功率单元5中第i个功率单元进行调制;其中, ΔV_{CAi} 表示对A组功率单元2中第i个功率单元进行调制的调制波, ΔV_{CBi} 表示对B组功率单元4中第i个功率单元进行调制的调制波, ΔV_{Cci} 表示对C组功率单元5中第i个功率单元进行调制的调制波, $k_1 = \begin{cases} 1 & I_d \geq 0 \\ -1 & I_d < 0 \end{cases}$, $k_2 = 0 \sim 2$, $\Delta SOC_{Ai} = SOC_A - SOC_{Ai}$, SOC_A 表示多个A电池组的SOC平均值、 $SOC_{Ai} = \frac{1}{n}(SOC_{A1} + SOC_{A2} + \dots + SOC_{An})$, SOC_{Ai} 表示第i个A电池组的SOC值, V_{CA}

表示A相电压, SOC_B 表示多个B电池组的SOC平均值、 $SOC_{Bi} = \frac{1}{n}(SOC_{B1} + SOC_{B2} + \dots + SOC_{Bn})$, SOC_{Bi} 表示第i个B电池组的SOC值, V_{CB} 表示B相电压, SOC_C 表示多个C电池组的SOC平均值、 $SOC_{Ci} = \frac{1}{n}(SOC_{C1} + SOC_{C2} + \dots + SOC_{Cn})$, SOC_{Ci} 表示第i个C电池组的SOC值, V_{CC} 表示C相电压,

$i = 1, 2, \dots, n$, I_d 表示储能变流器直流侧的总电流;所述第一预设条件可以为X电池组的SOC值高于等于多个X电池组的SOC值的平均值;所述X电池组为A电池组、B电池组或C电池组,即,对于多个A电池组,在充电过程中,使多个A电池组中的一些A电池组吸收的功率低于另外一些A电池组,在放电过程中,所述一些A电池组释放的功率高于所述另外一些A电池组释放的功率,这里的一些A电池组的SOC值高于等于多个A电池组的SOC值平均值,另外一些A电池组的SOC值低于多个A电池组的SOC值平均值;同样地,对于多个B电池组,在充电过程中,使多个B电池组中的一些B电池组吸收的功率低于另外一些B电池组,在放电过程中,所述一些B电池组释放的功率高于所述另外一些B电池组释放的功率,这里的一些B电池组的SOC值高于等于多个B电池组的SOC值平均值,另外一些B电池组的SOC值低于多个B电池组的SOC值平均值;对于多个C电池组,在充电过程中,使多个C电池组中的一些C电池组吸收的功率低于另外一些C电池组,在放电过程中,所述一些C电池组释放的功率高于所述另外一些C电池组释放的功率,这里的一些C电池组的SOC值高于等于多个C电池组的SOC值平均值,另外一些C电池组的SOC值低于多个C电池组的SOC值平均值;进一步地,本发明还可以实现储能装置的相间SOC均衡,相间SOC均衡指的是缩小A电池组、B电池组和C电池组之间的SOC差异,进一步地,通过调节A组功率单元2、B组功率单元4和C组功率单元5的输入功率或输出功率来缩小A电池组、B电池组和C电池组之间的SOC差异;进一步地,通过在中性点叠加电压 $V_0(t) = k_1 \cdot k_0 \cdot \Delta SOC \cdot \cos(\omega t + \delta - \gamma)$ 来调节A组功率单元2、B组功率单元4和C组功率单元5的输入功率或输

出功率;其中, $k_1 = \begin{cases} 1 & I_d \geq 0 \\ -1 & I_d < 0 \end{cases}$, $k_0 = 0 \sim 1$, $\Delta SOC = \sqrt{1.5\Delta SOC_A^2 + 0.5(\Delta SOC_B - \Delta SOC_C)^2}$, $\Delta SOC_A = SOC_{avg} - SOC_A$, $\Delta SOC_B = SOC_{avg} - SOC_B$, $\Delta SOC_C = SOC_{avg} - SOC_C$, $SOC_{avg} = \frac{1}{3}(SOC_A + SOC_B + SOC_C)$, $SOC_A = \frac{1}{n}(SOC_{A1} + SOC_{A2} + \dots + SOC_{An})$, SOC_{Ai} 表示第i个A电池组的SOC值, $SOC_B = \frac{1}{n}(SOC_{B1} + SOC_{B2} + \dots + SOC_{Bn})$, SOC_{Bi} 表示第i个B电池组的SOC值, $SOC_C = \frac{1}{n}(SOC_{C1} + SOC_{C2} + \dots + SOC_{Cn})$, SOC_{Ci} 表示第i个C电池组的SOC值, $i = 1, 2, \dots, n$, ω 表示

三相电的角频率, t 表示时间, $\delta = \begin{cases} \arctan\left(\frac{I_q}{I_d}\right) & (I_d \neq 0) \\ \frac{\pi}{2} & (I_d = 0, I_q > 0) \\ -\frac{\pi}{2} & (I_d = 0, I_q < 0) \end{cases}$, $\gamma = \begin{cases} \arctan\left(\frac{\Delta SOC_B}{\Delta SOC_A}\right) & (\Delta SOC_A \neq 0) \\ \frac{\pi}{2} & (\Delta SOC_A = 0, \Delta SOC_B > \Delta SOC_C) \\ -\frac{\pi}{2} & (\Delta SOC_A = 0, \Delta SOC_B < \Delta SOC_C) \end{cases}$,

I_q 表示储能变流器交流侧的总电流,通过在中性点注入电压,使得中性点偏移,A相电压、B相电压和C相电压呈现差异,进而放电运行时,SOC大的相输出功率大,SOC小的相输出功率小,在充电运行时,SOC大的相充电功率小,SOC小的相充电功率大,缩小两者SOC的差异。

[0032] 本发明A变压器6、B变压器7或C变压器8的每个副边绕组变比 K_i 可以根据系统要求确定,多个电池组构成电池矩阵,矩阵每行都是一个独立可控的液流电池,储能装置包括多个液流电池,每套液流电池之间通过串联储能变流器或变压器实现多个液流电池之间的电路连接,每行电池组之间为电隔离,彼此之间为等电位;本发明采用多抽头式变压器或储能变流器将A、B、C三相之间隔离,使得相间电位相同,相对应的功率单元及液流电池单元在电路中也是等电位,并且在电路中相互独立;同层中A、B、C三相功率单元中共享一套;另外,所述储能装置还具有一定冗余功能,当任意一液流电池发生故障时,可以通过断路器断开以保证其它液流电池正常工作。

[0033] 图1示出了本发明A液流电池9的结构示意图,B液流电池10和C液流电池11与A液流电池9的结构相同;图2和图3示出了本发明所述储能装置的结构示意图,如图2所示,A相线、B相线和C相线还通过主变压器T连接电网;储能变流器可以采用三相全控桥电路结构,所述电解液循环系统包括正极储罐、负极储罐和电解液循环管路,还包括循环泵,所述电解液循环管路具体包括由正极储罐去往电池组内的电堆1的进液管路、由电池组内的电堆1返回正极储罐的回液管路、由负极储罐去往电池组内的电堆1的进液管路、以及由电池组内的电堆1返回负极储罐的回液管路;A电池组、B电池组和C电池组各自内部的电堆1是串联结构,电堆1电流相等,每一液流电池内部会有1组电压(U_{1+} 、 U_{1-});各功率单元与A电池组、B电池组和C电池组之间均设有DC/DC隔离变换模块3,所述DC/DC隔离变换模块3具体可以采用多重斩波直流隔离升压电路,通过多重斩波直流隔离升压电路能够实现各个功率单元之间的电位隔离,图3中的A变压器6、B变压器7和C变压器8可以起到电位隔离的作用;所述功率单元采用H桥变换电路,具有高电压、大容量、输出波形好、容易扩展和可实现冗余的特点;本发明能够实现储能装置的相内SOC均衡,相内SOC均衡指的是缩小各A电池组之间的SOC差异、

缩小各B电池组之间的SOC差异、或者缩小各C电池组之间的SOC差异；由于各功率单元交流侧级联的A组功率单元2中流经各功率电流交流侧的电流相同，因此在保持A相电压不变的前提下，调节相内各功率单元交流侧电压，即可实现各功率单元输入功率或输出功率的区别化控制，进而实现相内SOC偏差的调节，这里的A组功率单元2还可以是B组功率单元4或C组功率单元5，相应的，A相电压还可以是B相电压或C相电压，进一步地，通过调制波 $\Delta V_{CAi} = k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta SOC_{Ai} \cdot V_{CA}$ 对A组功率单元2中第i个功率单元进行调制，通过调制波 $\Delta V_{CBi} = k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta SOC_{Bi} \cdot V_{CB}$ 对B组功率单元4中第i个功率单元进行调制，通过调制波 $\Delta V_{CCi} = k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta SOC_{Ci} \cdot V_{CC}$ 对C组功率单元5中第i个功率单元进行调制，实现SOC值大的电池组在放电过程中以较大幅值的调制波多释放功率，在充电过程中则以较小幅值的调制波少吸收功率，SOC值小的电池组在放电过程中以较小幅值的调制波少释放功率，在充电过程中则以较大幅值的调制波多吸收功率，依此规律，通过不同速度的充放电调节，最终使得各电池组的SOC趋同；图4-a、图4-b、图4-c示出了本发明多个A电池组、多个B电池组或多个C电池组的的SOC平均值的状态与相应的A组功率单元2、B组功率单元4或C组功率单元5的输入功率情况示意图，如图4-a所示，当多个A电池组、多个B电池组或多个C电池组的的SOC平均值偏低时，相应的A组功率单元2、B组功率单元4或C组功率单元5的出力小，如图4-b所示，当多个A电池组、多个B电池组或多个C电池组的的SOC平均值正常时，相应的A组功率单元2、B组功率单元4或C组功率单元5的出力正常，如图4-c所示，当多个A电池组、多个B电池组或多个C电池组的的SOC平均值偏高时，相应的A组功率单元2、B组功率单元4或C组功率单元5的出力大。

[0034] 本发明提供的液流电池系统及大规模液流电池储能装置，能够保持各电池组参考电位不变，相对节省储能逆变器成本，不需要较高的耐压设计；每一液流电池同其所连接的A组功率单元、B组功率单元和C组功率单元构成一个层级，不同层级所包括的电池组的功率可控，从而可以调整各层级不同相间电池组之间的SOC，解决了各层级之间SOC不一致问题；当各层级电池组SOC相差较大情况下，可以通过控制储能变流器使SOC趋于收敛；对液流电池系统进行扩容时，仅需要增加单个电池组功率，充放电电流不发生变化；液流电池不需要经过多次串联和并联，即可大大降低电解液的漏电电流，提高液流电池整体效率和安全性；在同等容量和电压条件下与其它拓扑结构的储能系统相比，这种结构联接的电池簇直流电压、电流更小，减小了液流电池串并联的规模，降低了电池短板效应对大容量电池储能系统的影响。

[0035] 以上所述，仅为本发明较佳的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变，都应涵盖在本发明的保护范围之内。

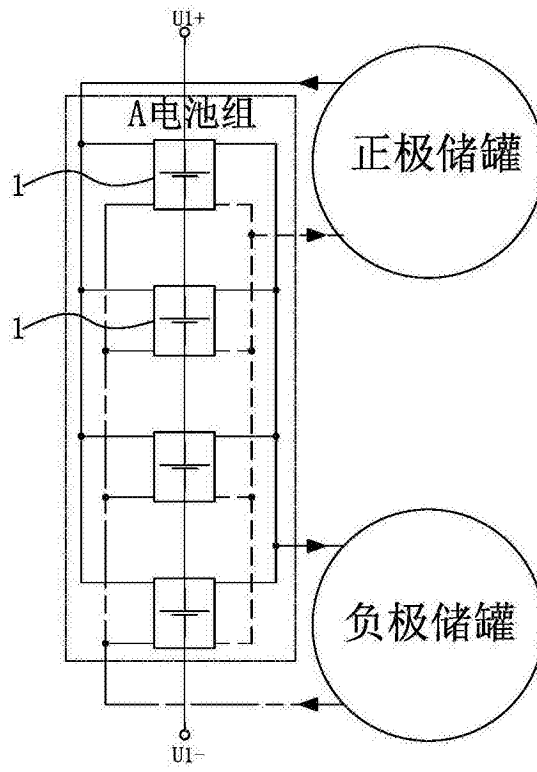


图1

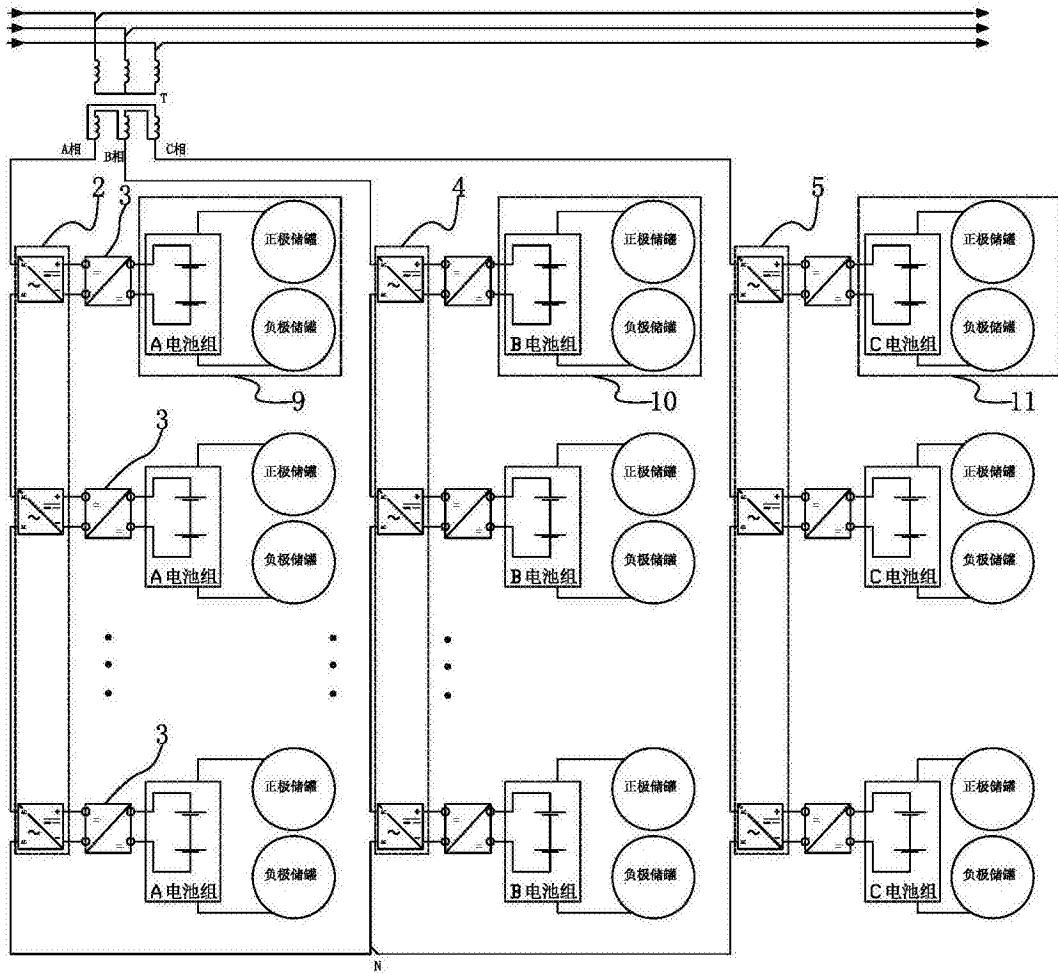


图2

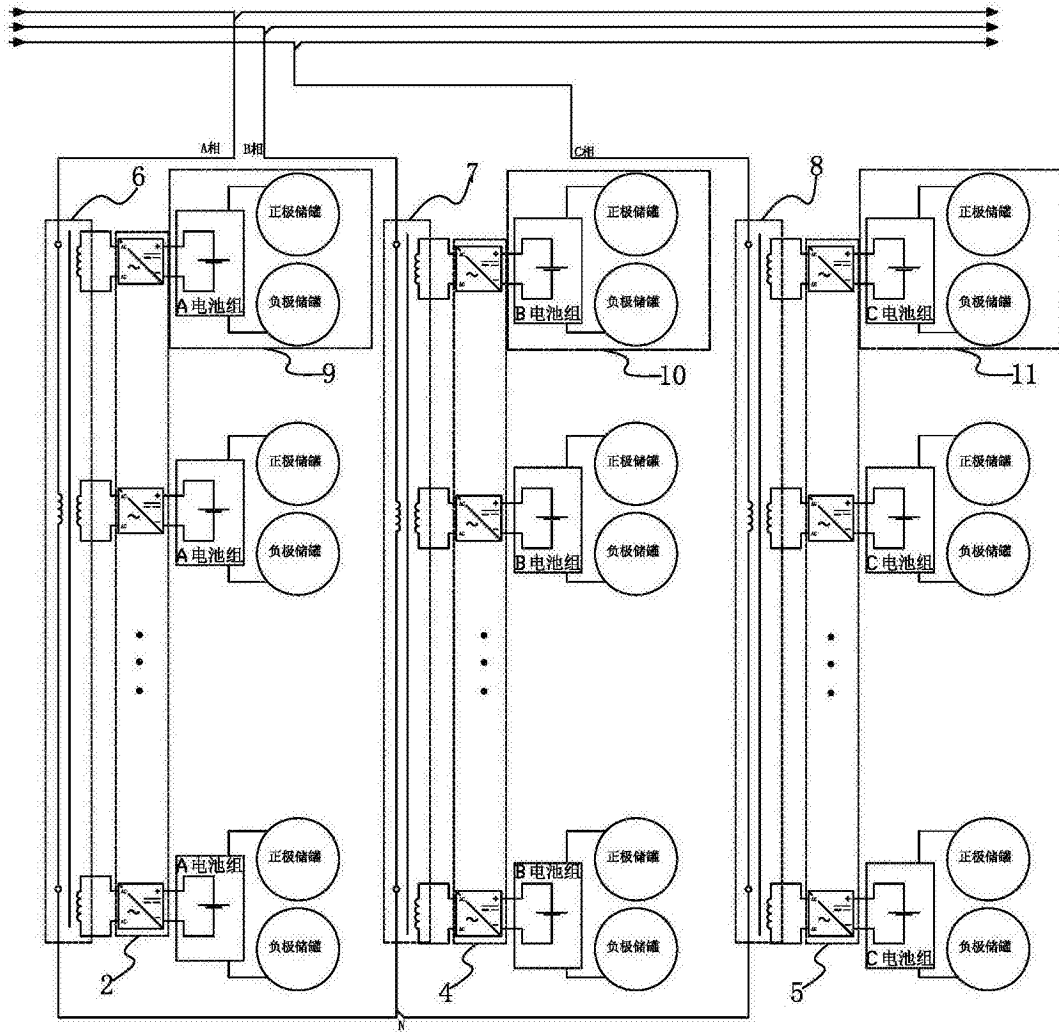


图3

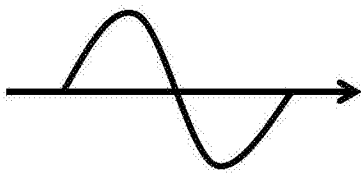


图4-a

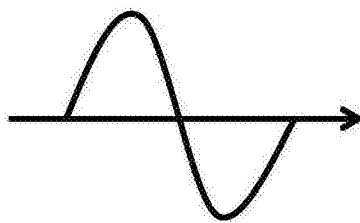


图4-b

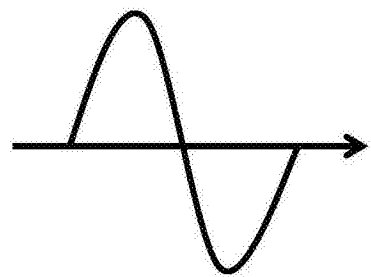


图4-c