

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2015 年 8 月 13 日 (13.08.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/117261 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 7/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/001175
- (22) 国际申请日: 2014 年 12 月 25 日 (25.12.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410045156.1 2014 年 2 月 7 日 (07.02.2014) CN
- (71) 申请人: 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国北京市 100084-82 信箱, Beijing 100084 (CN)。
- (72) 发明人: 赵杨阳 (ZHAO, Yangyang); 中国北京市海淀区清华大学电机工程与应用电子技术系, Beijing 100084 (CN)。 毕大强 (BI, Daqiang); 中国北京市海淀区清华大学电机工程与应用电子技术系, Beijing 100084 (CN)。 柴建云 (CHAI, Jianyun); 中国北京市海淀区清华大学电机工程与应用电子技术系, Beijing 100084 (CN)。 孙旭东 (SUN, Xudong); 中国北京市海淀区清华大学电机工程与应用电子技术系, Beijing 100084 (CN)。
- (74) 代理人: 北京众合诚成知识产权代理有限公司 (BEIJING ZHCC INTELLECTUAL PROPERTY CO., LTD); 中国北京市西城区车公庄大街甲 4 号物华大厦 A1707, Beijing 100044 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: CIRCUIT STRUCTURE AND CONTROL METHOD FOR CHARGING AND DISCHARGING OF VANADIUM BATTERY

(54) 发明名称: 一种用于钒电池充放电的电路结构及其控制方法

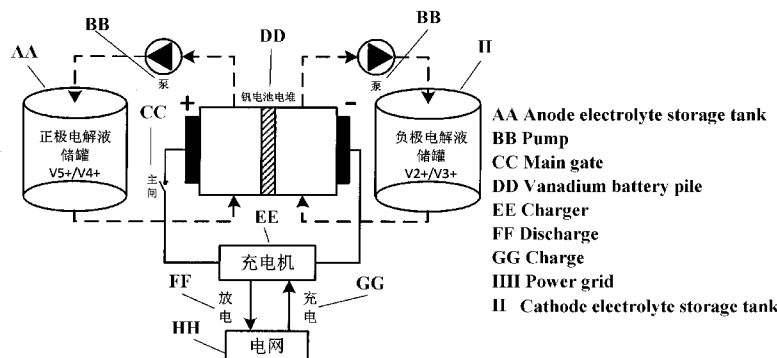


图 1 / FIG. 1

(57) Abstract: A circuit structure and control method for the charging and discharging of a vanadium battery. A charging and discharging main circuit of the vanadium battery pile consists of a power grid and a charger, and a main vanadium battery pile connected in series, the charger comprising interleaved parallel Buck Boost circuits, high frequency isolating full-bridge DC/DC, three-phase full-bridge DC/AC and a power grid connected in series; an electrolyte cycle control circuit is constituted by connecting a controller and pumps of vanadium battery anode and cathode ends, controls the pumps to drive the electrolyte to circulate, and issues a charging or discharging instruction via upper control software of the charger. The circuits of the charger operate in respective working conditions, and realize charging and discharging functions of the vanadium battery pile via voltage and current closed loop control. The circuit structure and control method not only meet the requirement of isolating the vanadium battery from the power grid, but also improve the working efficiency of the system, realizing smooth switching between various charging and discharging states, thus ensuring the safe use of a vanadium battery.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2015/117261 A1

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种用于钒电池的充放电电路结构及其控制方法。钒电池电堆充放电主电路由电网、充电机与钒电池主电堆串联连接，其中充电机由交错并联 BuckBoost 电路、高频隔离全桥 DC/DC、三相全桥 DC/AC 和电网串联构成，电解液循环控制电路由控制器与钒电池正负极端部的泵连接，控制泵驱动电解液循环，通过充电机的上位控制软件下发充放电指令，充电机各组成电路工作在相应工况下，并通过电压、电流闭环控制实现钒电池电堆的充放电功能。该电路结构及其控制方法不仅实现钒电池与电网电气隔离的要求，还提升了系统工作效率，实现了各种充放电状态平滑切换，保证钒电池使用安全。

一种用于钒电池充放电的电路结构及其控制方法

技术领域

本发明属于储能系统控制领域，特别涉及一种用于钒电池的充放电电路结构及其控制方法。

背景技术

液流电池又称为氧化还原液流电池，其正负极活性物质电解液是独立存放的，充放电的时候，电解液通过泵流入电池内部进行电化学反应。钒液流电池简称钒电池，具备功率和容量可独立设计、响应快、寿命长、维护成本低等优点，使其在风电、光伏发电、电网调峰等领域有着极其广阔的应用前景。由于钒电池储能系统不仅需要控制电池电堆充放电，还需要为控制器供电，系统供电回路多。并且，钒电池的低压直流系统需要与高压交流电网电气隔离。同时，由于钒电池通常用于电功率平抑，为满足电网需求，电池充放电工况复杂，切换频繁，储能系统控制难度高。

针对上述问题，现有以下电路结构和控制方法实现钒电池的充放电。

目前大部分钒电池储能系统的电堆与控制器从同一端口并联接入充电机，电池启动过程中，充电机首先采用恒压充电方式为控制器供电，钒电池自检完成后自动闭合主闸，然后电池电堆并入充电机端口，通过充电机控制实现充放电。但这种供电方式使得控制器供电易受电堆影响，当电堆充放电回路出现故障时，控制电路也可能失电，造成电堆不受控现象出现。同时，由于电池电堆初始电压通常与控制器恒压供电值不相等，在主闸闭合时会对电池产生较大的冲击电流。

目前通过工频变压器并网的钒电池系统，可以实现钒电池低压直流系统与电网交流系统电气隔离，保证交流侧故障不会通过电气连接线直接传导至电池，保障钒电池的使用安全。但工频变压器单位功率的体积和重量都较大，损耗也较大，不易于提高钒电池系统的充放电效率。

因此，期望通过改进钒电池系统的电路结构及其控制方法，不仅实现钒电池

电堆的充放电回路与控制电回路独立受控，提高并网充放电过程中的系统效率，而且实现钒电池不同模式下稳定运行、不同工作状态间平滑切换，满足电网侧功率需求。

发明内容

本发明的目的提出一种用于钒电池充放电的电路结构及其控制方法，其特征在于，钒电池电堆充放电主电路由电网、充电机与钒电池主电堆串联连接，主电路功率可达兆瓦级，主要实现钒电池对外的充放电功能；电解液循环控制电路由控制器与钒电池正负极端部的泵连接，控制泵驱动电解液循环，控制器由 48V 稳压电源供电，电解液循环电路的辅助电功率为 600W，主要实现电池内部自检和电解液循环功能；其中充电机由交错并联 BuckBoost 电路、高频隔离全桥 DC/DC、三相全桥 DC/AC 和电网串联连构成；其中，交错并联 BuckBoost 电路包含电容 C1 和 C2、电感 L1 和 L2、开关管 S1 至 S4、二极管 D1 至 D4；高频隔离全桥 DC/DC 电路为在高频变压器 T1 的初级端连接接成桥式结构的自带反并二极管的开关管 Sa1 至 Sa4，次级端连接接成桥式结构的自带反并二极管的开关管 Sb1 至 Sb4；三相全桥 DC/AC 电路包含自带反并二极管的开关管 Sc1 至 Sc6。

所述交错并联 BuckBoost 电路组成为 C1 的一端与 L1 和 L2 的公共节点和钒电池正极连接；L1 连接 S4 开关管的源极和 S2 开关管的漏极，L2 连接 S3 开关管的源极和 S1 开关管的漏极，C2 的一端连接 S4 开关管的漏极和 S3 开关管的漏极，C2 的另一端与 C1 的另一端、S1 开关管的源极、S2 开关管的源极、Sa2 开关管的源极和 Sa4 开关管的源极连接一起，Sa1 开关管的源极和 Sa2 开关管的漏极连接，并和 T1 初级一端连接；Sa3 开关管的源极和 Sa4 开关管的漏极连接，并和 T1 初级的另一端连接；Sa1 开关管的漏极和 Sa2 开关管的漏极与 C2 的一端连接；

所述 S1 开关管、S2 开关管、S3 开关管至 S4 开关管分别与 D1 二极管、D2 二极管、D3 二极管和 D4 二极管反并连；

所述三相全桥 DC/AC 电路为 C3 的一端连接 Sc1 开关管、Sc2 开关管和 Sc3 开关管的漏极，C3 的另一端连接 Sc4 开关管、Sc5 开关管和 Sc6 开关管的源极，

Sc1 开关管、Sc2 开关管和 Sc3 开关管的源极分别和 Sc4 开关管、Sc5 开关管和 Sc6 开关管的漏极连接，该三个节点分别连接 LC 滤波器，组成三相全桥 DC/AC 电路，其中，C3 的两端分别连接 Sb4 开关管的源极和 Sb3 开关管的漏极；三相 LC 滤波器通过开关连接交流电源的 A、B、C 相线上。

一种钒电池充放电的控制方法，其特征在于，钒电池主电堆的充放电控制，通过充电机的预置控制软件下发充放电指令，充电机各组成电路工作在相应工况下，并通过电压、电流闭环控制实现钒电池电堆的充放电功能；电解液循环电路的控制由预置在钒电池内控制器驱动电机及泵体，带动电解物质不断循环流动，完成氧化和还原反应，反应完成后电解液又被送回储液罐，如此完成电解液循环控制；从而实现钒电池的恒流限压充电、恒压限流充电、恒功率充电、恒流限压放电、恒功率放电；其中恒流限压充放电常用于电池按某电流值充放电的情况，恒压限流充电常用于电池接近满充状态时的浮充情况，恒功率充放电常用于平抑功率波动、补偿电网功率等情况。通过充放电系统的预置控制软件的切换指令实现钒电池在上述各充放电状态间的平滑切换，充放电回路的控制还包括对钒电池主电堆电压的过压、欠压保护，和其充放电电流的过流保护，以及钒电池在各种充放电工作状态下，电压纹波和电流纹波的优化控制，和钒电池的控制器、泵的供电电源的控制；

本发明的有益效果是通过采用相互独立的电路结构为钒电池电堆和控制器提供电源，解决了两者共用同一充放电系统接口造成相互影响，以及电堆主闸闭合时产生冲击电流的问题。同时，充放电系统采用高频隔离变压器结构，不仅实现钒电池与电网电气隔离的要求，还提升了系统工作效率，减小了系统功率体积和重量。本发明提供的控制方法，实现了各种充放电状态下平滑切换，保护了钒电池的使用安全，优化了钒电池充放电时的电压、电流纹波。

附图说明

图 1 钒电池储能系统结构框图。

图 2 钒电池充放电系统的电路拓扑结构图。

具体实施方式

本发明提出一种用于钒电池充放电的电路结构及其控制方法，下面根据附图对本发明的具体实施方式、控制方法及工作原理予以说明。

如图 1 所示为本发明提出的钒电池储能系统结构框图，其中，所述钒电池为在钒电池电堆正负极分别连接充放电系统，电堆由正负电极、离子交换膜组成；电堆由正负两端分别连接正负极电解液储液罐和泵；控制器分别连接两个泵，稳压电源为钒电池控制器提供稳定电源。泵从储液罐中将电解液送入电堆内，在外部充放电系统的控制下完成氧化和还原反应，反应完成后电解液又被送回储液罐，如此活性物质不断循环流动，完成充放电；钒电池电堆充放电主电路由电网、充放电系统和钒电池串联连接，控制器与钒电池电堆储能系统的正负极泵连接，控制器与 48V 稳压电源连接构成；其中充放电系统由交错并联 BuckBoost 电路、高频隔离全桥 DC/DC、三相全桥 DC/AC 和电网串联连构成；

如图 2 所示为本发明提出的钒电池充电机的电路拓扑结构图，钒电池与交错并联 BuckBoost 电路、高频隔离全桥 DC/DC 电路、三相全桥 DC/AC 电路接；其中，交错并联 BuckBoost 电路包含电容 C1 和 C2、电感 L1 和 L2、开关管 S1 至 S4、二极管 D1 至 D4；高频隔离全桥 DC/DC 电路为在高频变压器 T1 的初级端连接接成桥式结构的自带反并二极管的开关管 Sa1 至 Sa4，次级端连接接成桥式结构的自带反并二极管的开关管 Sb1 至 Sb4；三相全桥 DC/AC 电路包含自带反并二极管的开关管 Sc1 至 Sc6；

所述交错并联 BuckBoost 电路组成为 C1 的一端与 L1 和 L2 的公共节点和钒电池正极连接；L1 连接 S4 开关管的源极和 S2 开关管的漏极，L2 连接 S3 开关管的源极和 S1 开关管的漏极，C2 的一端连接 S4 开关管的漏极和 S3 开关管的漏极，C2 的另一端与 C1 的另一端、S1 开关管的源极、S2 开关管的源极、Sa2 开关管的源极和 Sa4 开关管的源极连接一起，Sa1 开关管的源极和 Sa2 开关管的漏极连接，并和 T1 初级一端连接；Sa3 开关管的源极和 Sa4 开关管的漏极连接，并和 T1 初级的另一端连接；Sa1 开关管的漏极和 Sa2 开关管的漏极与 C2 的一端连接；

所述 S1 开关管、S2 开关管、S3 开关管至 S4 开关管分别与 D1 二极管、D2

二极管、D3 二极管和 D4 二极管反并联；

所述三相全桥 DC/AC 电路为 C3 的一端连接 Sc1 开关管、Sc2 开关管和 Sc3 开关管的漏极，C3 的另一端连接 Sc4 开关管、Sc5 开关管和 Sc6 开关管的源极，Sc1 开关管、Sc2 开关管和 Sc3 开关管的源极分别和 Sc4 开关管、Sc5 开关管和 Sc6 开关管的漏极连接，该三个节点分别连接 LC 滤波器，组成三相全桥 DC/AC 电路，其中，C3 的两端分别连接 Sb4 开关管的源极和 Sb3 开关管的漏极；三相 LC 滤波器通过开关连接交流电源的 A、B、C 相线上。

具体实施方式如下：针对大功率低电压直流系统，交错并联 BuckBoost 电路不仅降低了对每路开关管额定电流值的要求，同时增加了控制自由度，为实现稳态及动态优化控制提供拓扑基础。为了保证交流高压侧故障不通过电气连接线直接传导至低压直流钒电池侧，钒电池系统需要隔离并网，该功能通过高频隔离全桥 DC/DC 电路实现；同时，高频变压器由于采用非晶材料，且工作频率远高于工频变压器，从而可减小系统单位功率的体积和重量，提高系统工作效率。三相全桥 DC/AC 电路是常用的交直流变换电路，与上述的高频全桥 DC/DC 以及交错并联 BuckBoost 串联运行，使得钒电池侧的低电压大电流直流系统与三相电网侧的交流系统合理连接，不仅保证了钒电池与电网间的能量转换效率，同时为充电机控制钒电池充放电提供了可靠的电路拓扑结构。

利用图 2 所示的电路结构的一种钒电池充放电的控制方法，具体实现方式如下：

恒流限压放电模式的控制：交错并联 BuckBoost 电路的 S1、S2 开关管控制电容 C2 电压为 150V；高频隔离 DC/DC 低压侧全桥四个开关管 Sa1 至 Sa4 控制钒电池放电电流为恒流放电给定电流值；当端口电压与电池放电保护电压值误差在 0.2V 之内时，电压闭环控制起作用，保证钒电池端口电压在限定电压值之内。DC/AC 全桥六个开关管 Sc1 至 Sc6 控制电容 C3 电压为 750V，同时控制交流侧电压、电流相位差满足当前设定的功率因数要求，默认设置功率因数为 1，即电压、电流同相位，仅向电网送入有功功率。

恒功率放电模式的控制：交错并联 BuckBoost 电路的 S1、S2 开关管控制电容

C2 电压为 150V；高频隔离 DC/DC 低压侧全桥四个开关管 Sa1 至 Sa4 控制放电电流为给定值，该电流由恒功率放电的给定功率值除以当前电池端电压得到；DC/AC 全桥六个开关管 Sc1 至 Sc6 控制电容 C3 电压为 750V，同时控制交流侧电压、电流相位差满足当前设定的功率因数要求，默认设置功率因数为 1。

恒压限流充电模式的控制：DC/AC 全桥六个开关管 Sc1 至 Sc6 控制电容 C3 电压为 800V，同时控制交流侧电压、电流相位差满足设定功率因数的要求，默认功率因数为 1；高频隔离 DC/DC 高压侧全桥四个开关管 Sb1 至 Sb4 首先控制充电电流以阶梯波形式逐渐增大，当电池电压与给定恒压值误差在 0.2V 之内时，电压闭环控制起作用，保证钒电池端口电压在限定电压值之内；BuckBoost 开关管 S3、S4 按 50%占空比控制，使得充电电流纹波最小。

恒流限压充电模式的控制：DC/AC 全桥六个开关管 Sc1 至 Sc6 控制电容 C3 电压为 800V，同时控制交流侧电压、电流相位差满足设定功率因数的要求，默认功率因数为 1；高频隔离 DC/DC 高压侧全桥四个开关管 Sb1 至 Sb4 控制充电电流为恒流充电电流值；当端口电压与电池充电保护电压值误差在 0.2V 之内时，电压闭环控制起作用，保证钒电池端口电压在限定电压值之内。BuckBoost 开关管 S3、S4 按 50%占空比控制，使得充电电流纹波最小。

恒功率充电模式的控制：DC/AC 全桥六个开关管 Sc1 至 Sc6 控制电容 C3 电压为 800V，同时控制交流侧电压、电流相位差满足设定功率因数的要求，默认功率因数为 1；高频隔离 DC/DC 高压侧全桥四个开关管 Sb1 至 Sb4 控制充电电流为给定值该电流给定值由当前设定的恒功率值除以当前电池端电压得到；BuckBoost 开关管 S3、S4 按 50%占空比控制，使得充电电流纹波最小。

充电模式或放电模式内部各状态切换的控制：保持 DC/AC 全桥六个开关管 Sc1 至 Sc6 控制电容 C3 电压的电压值不变；保持交错并联 BuckBoost 电路的控制方式不变；隔离型 DC/DC 全桥四个开关管 Sa1 至 Sa4 或 Sb1 至 Sb4 四个开关管的占空比由当前保留值按斜坡函数变化形式逐渐变化至比较计算后得出的新值，平滑切换过程。

充电模式切换为放电模式的控制：首先迅速减小 BuckBoost 开关管 S3、S4

的占空比至0,同时逐渐减小高频隔离DC/DC开关管Sb1至Sb4;然后调节DC/AC全桥六个开关管Sc1至Sc6控制电容C3电压由800V变为750V;然后打开BuckBoost电路的S1、S2开关管控制电容C2两端电压为150V,同时高频隔离DC/DC开关管Sa1至Sa4控制放电电流或功率为给定值;上述控制期间,高频隔离DC/DC的开关管占空比按斜坡函数形式变化,使得切换过程相对平滑。

放电模式切换为充电模式的控制:首先迅速减小BuckBoost开关管S1、S2的占空比至0,同时逐渐减小高频隔离DC/DC开关管Sa1至Sa4;然后调节DC/AC全桥六个开关管Sc1至Sc6控制电容C3电压由7500V变为800V;然后打开BuckBoost电路的S3、S4开关管,占空比设定为50%,同时高频隔离DC/DC开关管Sb1至Sb4控制充电电流或功率为给定值;上述控制期间,高频隔离DC/DC的开关管占空比按斜坡函数形式变化,使得状态切换过程中的功率变化相对平滑。

钒电池的过压、欠压保护和过流保护的的控制:系统预先设定出电压、电流硬件保护值和软件保护值。当传感器检测到电压、电流超过软件保护值后,向系统发送故障状态代码,系统通过软件指令封锁所有开关管的驱动脉冲;当传感器检测到电压、电流超过硬件保护值后,直接通过硬件电路快速封锁所有开关管的驱动脉冲。

综合上各具体实施方法可知,双路供电模式保证了钒电池控制器独立可靠运行,消除了主闸闭合时的冲击电流;采用高频变压器实现钒电池与电网的电气隔离,减小了系统的单位功率体积和重量,提高了系统效率;通过控制实现钒电池各种充放电状态的平滑切换,并及时响应电网对有功功率和无功功率的需求;同时,保护了钒电池的使用安全,优化了钒电池的充放电电压、电流纹波。

以上对本发明的具体描述旨在说明具体实施方案的实现方式,不能理解为是对本发明的限制。本领域普通技术人员在本发明的教导下,可以在详述的实施方案的基础上做出各种变体,这些变体均应包含在本发明的构思之内。本发明所要求保护的的范围仅由所述的权利要求书进行限制。

由于钒电池常用于平抑功率波动,响应电网功率需求的场合,所以其长期工

作在恒功率或恒流充放电状态下，并可能在各状态间频繁切换。考虑到钒电池对电堆电压值的要求十分严格，若仅通过过欠压保护，当电池过欠压时的充放电电流仍较大，保护响应时间不及时会对电池造成较大危害。所以在控制方案中加入恒流限压充放电状态，当电池电压接近电压限定值后，控制器优先满足电池电压要求。综上所述，充电回路的控制包含恒流限压充电、恒压限流充电、恒功率充电；放电回路的控制包含恒流限压放电、恒功率放电。同时，控制方法还包括上述各充放电状态间的平滑切换，以及电压的过压、欠压保护和过流保护。

权 利 要 求 书

1.一种用于钒电池充放电的电路结构，其特征在于，钒电池电堆充放电主电路由电网、充电器与钒电池主电堆串联连接，主电路功率可达兆瓦级，主要实现钒电池对外的充放电功能；电解液循环控制电路由控制器与钒电池正负极端部的泵连接，控制泵驱动电解液循环，控制器由 48V 稳压电源供电，电解液循环电路的辅助电功率为 600W，主要实现电池内部自检和电解液循环功能；其中充电器由交错并联 BuckBoost 电路、高频隔离全桥 DC/DC、三相全桥 DC/AC 和电网串联连构成；其中，交错并联 BuckBoost 电路包含电容 C1 和 C2、电感 L1 和 L2、开关管 S1 至 S4、二极管 D1 至 D4；高频隔离全桥 DC/DC 电路为在高频变压器 T1 的初级端连接接成桥式结构的自带反并二极管的开关管 Sa1 至 Sa4，次级端连接接成桥式结构的自带反并二极管的开关管 Sb1 至 Sb4；三相全桥 DC/AC 电路包含自带反并二极管的开关管 Sc1 至 Sc6。

2.根据权利要求 1 所述一种用于钒电池充放电的电路结构，其特征在于，所述交错并联 BuckBoost 电路组成为 C1 的一端与 L1 和 L2 的公共节点和钒电池正极连接；L1 连接 S4 开关管的源极和 S2 开关管的漏极，L2 连接 S3 开关管的源极和 S1 开关管的漏极，C2 的一端连接 S4 开关管的漏极和 S3 开关管的漏极，C2 的另一端与 C1 的另一端、S1 开关管的源极、S2 开关管的源极、Sa2 开关管的源极和 Sa4 开关管的源极连接一起，Sa1 开关管的源极和 Sa2 开关管的漏极连接，并和 T1 初级一端连接；Sa3 开关管的源极和 Sa4 开关管的漏极连接，并和 T1 初级的另一端连接；Sa1 开关管的漏极和 Sa2 开关管的漏极与 C2 的一端连接。

3.根据权利要求 1 所述一种用于钒电池充放电的电路结构，其特征在于，所述 S1 开关管、S2 开关管、S3 开关管至 S4 开关管分别与 D1 二极管、D2 二极管、D3 二极管和 D4 二极管反并连。

4.根据权利要求 1 所述一种用于钒电池充放电的电路结构，其特征在于，所述三相全桥 DC/AC 电路为 C3 的一端连接 Sc1 开关管、Sc2 开关管和 Sc3 开关管的漏极，C3 的另一端连接 Sc4 开关管、Sc5 开关管和 Sc6 开关管的源极，Sc1 开

关管、Sc2 开关管和 Sc3 开关管的源极分别和 Sc4 开关管、Sc5 开关管和 Sc6 开关管的漏极连接，该三个节点分别连接 LC 滤波器，组成三相全桥 DC/AC 电路，其中，C3 的两端分别连接 Sb4 开关管的源极和 Sb3 开关管的漏极；三相 LC 滤波器通过开关连接交流电源的 A、B、C 相线上。

5.一种钒电池充放电的控制方法，其特征在于，钒电池主电堆的充放电控制，通过充电机的预置控制软件下发充放电指令，充电机各组成电路工作在相应工况下，并通过电压、电流闭环控制实现钒电池电堆的充放电功能；电解液循环电路的控制由预置在钒电池内控制器驱动电机及泵体，带动电解物质不断循环流动，完成氧化和还原反应，反应完成后电解液又被送回储液罐，如此完成电解液循环控制；从而实现钒电池的恒流限压充电、恒压限流充电、恒功率充电、恒流限压放电、恒功率放电；其中恒流限压充放电常用于电池按某电流值充放电的情况，恒压限流充电常用于电池接近满充状态时的浮充情况，恒功率充放电常用于平抑功率波动、补偿电网功率等情况；通过充放电系统的预置控制软件的切换指令实现钒电池在上述各充放电状态间的平滑切换，充放电回路的控制还包括对钒电池主电堆电压的过压、欠压保护，和其充放电电流的过流保护，以及钒电池在各种充放电工作状态下，电压纹波和电流纹波的优化控制，和钒电池的控制器、泵的供电电源的控制。

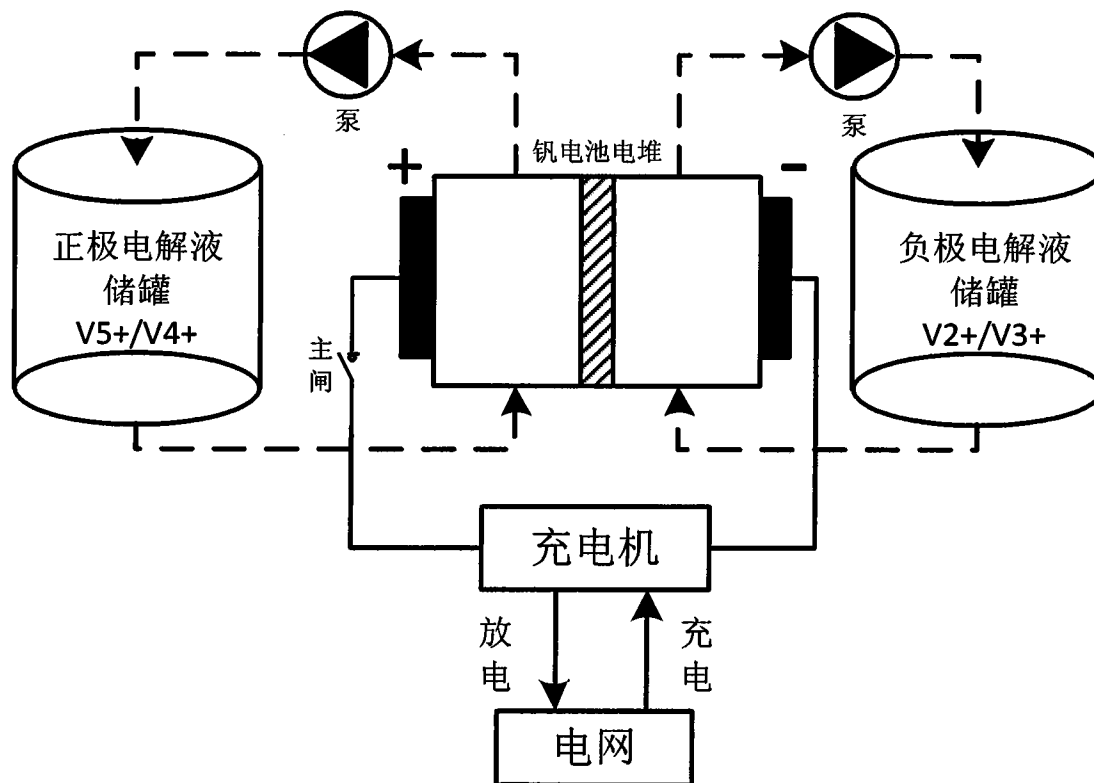


图 1

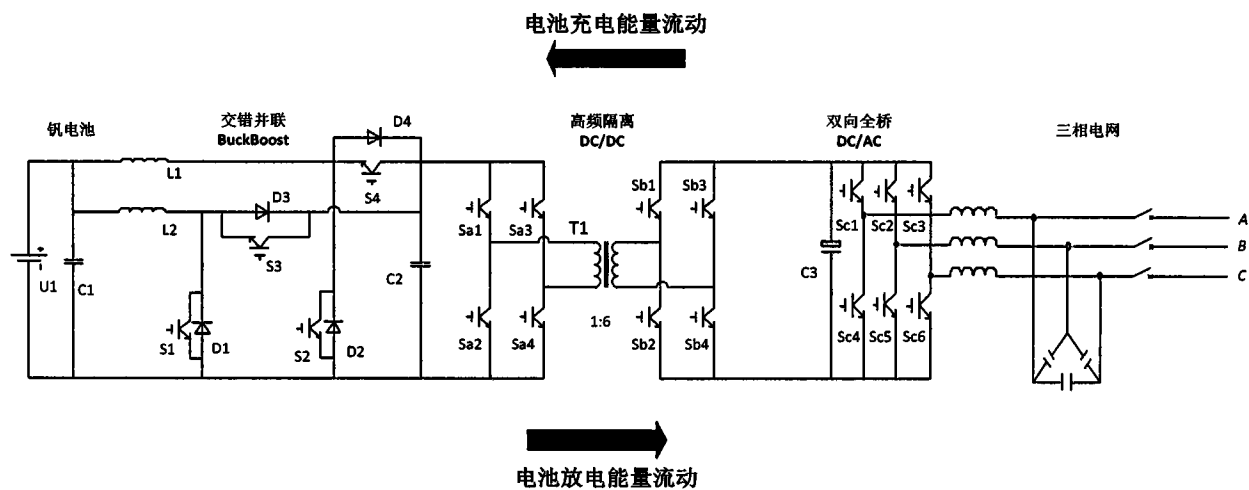


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/001175

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 7/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02J; H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CPRS, WPI, EPOQUE, vanadium, battery, cell, charge, discharge, buck, boost, isolation, transformer, control

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103762693 A (UNIV TSINGHUA) 30 April 2014 (30.04.2014) claims 1-5	1-5
Y	CN 102025182 A (LIANG, Yiqiao) 20 April 2011 (20.04.2011) description, paragraph [0013] and figure 4	1-4
Y	CN 202121013 U (ANHUI SHUORI PHOTOELECTRICAL TECHNOLOGY CO LTD) 18 January 2012 (18.01.2012) description, paragraphs [0021] to [0043] and figure 1	1-4
Y	CN 103441694 A (GUANGXI POWER GRID CORP POWER SCI RES) 11 December 2013 (11.12.2013) description, paragraphs [0020], [0021], [0025] to [0027] and figures 1 to 3	1-4
X	CN 202121013 U (ANHUI SHUORI PHOTOELECTRICAL TECHNOLOGY CO LTD) 18 January 2012 (18.01.2012) description, paragraphs [0021] to [0043] and figure 1	5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 March 2015

Date of mailing of the international search report
24 March 2015

Name and mailing address of the ISA
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No. (86-10) 62019451

Authorized officer
DING, Dongxia
Telephone No. (86-10) 62089125

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/001175

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103762693 A	30 April 2014	None	
CN 102025182 A	20 April 2011	CN 102025182 B	31 October 2012
CN 202121013 U	18 January 2012	None	
CN 103441694 A	11 December 2013	None	

A. 主题的分类 H02J 7/00 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																				
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H02J, H01M 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CPRS, WPI, EPOQUE 钒, 电池, 充电, 放电, 充放电, 升压, 降压, 升降压, 隔离, 变压器, 控制, BUCK, BOOST, vanadium, battery, cell, charge, discharge, isolation, transformer, control																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 103762693 A (清华大学) 2014年 4月 30日 (2014 - 04 - 30) 参见权利要求1-5</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 102025182 A (梁一桥) 2011年 4月 20日 (2011 - 04 - 20) 参见说明书第【0013】段和图4</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 202121013 U (安徽硕日光电科技有限公司) 2012年 1月 18日 (2012 - 01 - 18) 参见说明书第【0021】-【0043】段和图1</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103441694 A (广西电网公司电力科学研究院) 2013年 12月 11日 (2013 - 12 - 11) 参见说明书第【0020】、【0021】、【0025】-【0027】段和图1-3</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 202121013 U (安徽硕日光电科技有限公司) 2012年 1月 18日 (2012 - 01 - 18) 参见说明书第【0021】-【0043】段和图1</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 103762693 A (清华大学) 2014年 4月 30日 (2014 - 04 - 30) 参见权利要求1-5	1-5	Y	CN 102025182 A (梁一桥) 2011年 4月 20日 (2011 - 04 - 20) 参见说明书第【0013】段和图4	1-4	Y	CN 202121013 U (安徽硕日光电科技有限公司) 2012年 1月 18日 (2012 - 01 - 18) 参见说明书第【0021】-【0043】段和图1	1-4	Y	CN 103441694 A (广西电网公司电力科学研究院) 2013年 12月 11日 (2013 - 12 - 11) 参见说明书第【0020】、【0021】、【0025】-【0027】段和图1-3	1-4	X	CN 202121013 U (安徽硕日光电科技有限公司) 2012年 1月 18日 (2012 - 01 - 18) 参见说明书第【0021】-【0043】段和图1	5
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 103762693 A (清华大学) 2014年 4月 30日 (2014 - 04 - 30) 参见权利要求1-5	1-5																		
Y	CN 102025182 A (梁一桥) 2011年 4月 20日 (2011 - 04 - 20) 参见说明书第【0013】段和图4	1-4																		
Y	CN 202121013 U (安徽硕日光电科技有限公司) 2012年 1月 18日 (2012 - 01 - 18) 参见说明书第【0021】-【0043】段和图1	1-4																		
Y	CN 103441694 A (广西电网公司电力科学研究院) 2013年 12月 11日 (2013 - 12 - 11) 参见说明书第【0020】、【0021】、【0025】-【0027】段和图1-3	1-4																		
X	CN 202121013 U (安徽硕日光电科技有限公司) 2012年 1月 18日 (2012 - 01 - 18) 参见说明书第【0021】-【0043】段和图1	5																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																				
国际检索实际完成的日期 2015年 3月 12日		国际检索报告邮寄日期 2015年 3月 24日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国 传真号 (86-10)62019451		授权官员 丁东霞 电话号码 (86-10)62089125																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/001175

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	103762693	A	2014年 4月 30日	无	
CN	102025182	A	2011年 4月 20日	CN 102025182	B 2012年 10月 31日
CN	202121013	U	2012年 1月 18日	无	
CN	103441694	A	2013年 12月 11日	无	