(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 112803458 B
(45)授权公告日 2023.08.22

(21)申请号 202110040614.2
(22)申请日 2021.01.12
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112803458 A
(43)申请公布日 2021.05.14
(73)专利权人 南京信息工程大学
地址 211500 江苏省南京市江北新区宁六路219号
(72)发明人 侯健敏 徐志豪 余威杰 周颖 路新梅 丁苏云
(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所(普通合伙) 32204
专利代理师 柏尚春
(51)Int.Cl.
H02J 3/32(2006.01)
H02J 3/38(2006.01)
H02J 7/35(2006.01)
B60L 53/51(2019.01)
B60L 53/67(2019.01)

(56)对比文件
US 2016006364 A1,2016.01.07
CN 111740439 A,2020.10.02
CN 104578126 A,2015.04.29
CN 112072716 A,2020.12.11
CN 105634087 A,2016.06.01
CN 106505615 A,2017.03.15
CN 103840548 A,2014.06.04
CN 105207341 A,2015.12.30
曹鸿.400Hz逆变器控制和并联技术研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库》.2019,第35-41页.

审查员 王祖英

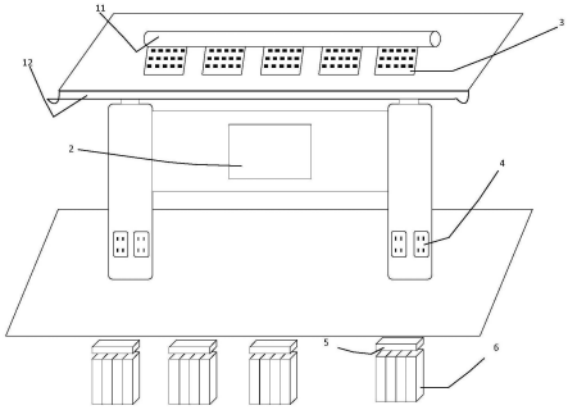
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种太阳能车站及并联逆变电源均流控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种太阳能车站及并联逆变电源均流控制方法,该车站包括太阳能光伏板、蓄电池储能系统、逆变电源控制系统、手机充电桩和显示屏,太阳能光伏板与手机充电桩和蓄电池储能系统相连,太阳能光伏板发电直接供给所述手机充电桩使用,剩余电能转送到所述蓄电池储能系统中,蓄电池储能系统通过逆变电源控制系统进行并联均流后为手机充电桩和显示屏供电。本发明既保证用电设备安全稳定的运行,也避免了当多余电能上网时带来的电网电压的波动。既能充分合理利用能源,也可以保证用电电压电流的稳定平衡。



CN 112803458 B

1.一种太阳能车站，其特征在于：包括太阳能光伏板、蓄电池储能系统、逆变电源控制系统、手机充电桩和显示屏，太阳能光伏板与手机充电桩和蓄电池储能系统相连，太阳能光伏板所发电量通过DC-AC变换器直接供给所述手机充电桩使用，剩余电能转送到所述蓄电池储能系统中，蓄电池储能系统通过逆变电源控制系统进行并联均流后为手机充电桩和显示屏供电，所述逆变电源控制系统包括至少两个并联的逆变电源，将其中一个逆变电源作为主控制，其余逆变电源作为从控制；所述通过逆变电源控制系统进行并联均流是指以逆变电源的输出电压的反馈控制作为控制电路外环，以逆变电源的输出电流的反馈控制作为控制电路内环，通过电压电流双环控制对单个逆变电源输出进行一次调节；同时将主控制中逆变电源的输出电压和参考电压经电压调制后的信号作为从控制中逆变电源的控制电路内环的输入信号，对多个逆变电源组成的系统的输出进行二次调节；从控制中省去控制电路外环；

所述控制电路外环反馈控制的开环传递函数为：

$$G(s)=\frac{K_v(1+T_v s)}{CT_v s(1+T_{ev}s)+1}$$

其中T_v为控制电路外环采样时间常数，K_v为电压环的比例系数，T_{ev}为控制电路外环参考时间常数，C为LC滤波电路电容值；

所述控制电路内环反馈控制的开环传递函数为：

$$G(s)=\frac{K_{ip}K_{PWM}}{R\tau_i s(1.5T_s+1)}$$

其中T_S为控制电路内环采样和反馈的时间常数，K_{PWM}是桥路PWM的等效增益；T_S是开关变换器的惯性常数，τ_i为LC滤波电路电感值与电压外环电阻的比值，K_{ip}为电流环比例系数和积分系数的乘积，R为内环电路电阻。

2.根据权利要求1所述的太阳能车站，其特征在于：所述太阳能车站还包括水槽，所述水槽包括上方水槽和下方水槽，上方水槽与太阳能光伏板相连，安装于太阳能光伏板上方，用于清洁太阳能光伏板表面灰尘及颗粒物；下方水槽设于车站顶棚边沿，两侧开口，用于排水。

3.根据权利要求1所述的太阳能车站，其特征在于：所述显示屏采用LED显示屏，用于显示蓄电池储能系统中剩余电能百分比。

4.根据权利要求1所述的太阳能车站，其特征在于：所述手机充电桩设于车站的立柱上，所述蓄电池储能系统以及所述逆变电源控制系统安装于车站下方地下。

5.一种并联逆变电源均流控制方法，应用于含有至少两个并联的逆变电源的控制电路，其特征在于，包括以下步骤：

S1：以逆变电源的输出电压的反馈控制作为控制电路外环，以逆变电源的输出电流的反馈控制作为控制电路内环；将其中一个逆变电源作为主控制，其余逆变电源为从控制；

S2：通过参考电压和采样电压作为主控制中的控制电路外环的输入，经过电压调节器反馈控制得到信号；

S3：从控制中省去控制电路外环，将步骤S2中得到的信号作为从控制中控制电路内环的参考电流输入，与从控制中采样电流经电流调节器进行反馈控制，得到调制波；

S4：再将得到的调制波与载波相加并转换为PWM信号得到驱动波，用来驱动逆变电源，

实现均流作用；

其中，采样电压为主控制中逆变电源的输出电压，采样电流为从控制中逆变电源的输出电流；

控制电路外环反馈控制的开环传递函数为：

$$G(s)=\frac{K_v(1+T_v s)}{CT_v s(1+T_{ev}s)+1}$$

其中T_v为控制电路外环采样时间常数，K_v为电压环的比例系数，T_{ev}为控制电路外环参考时间常数，C为LC滤波电路电容值；

控制电路内环反馈控制的开环传递函数为：

$$G(s)=\frac{K_{ip}K_{PWM}}{R\tau_i s(1.5T_s+1)}$$

其中T_s为控制电路内环采样和反馈的时间常数，K_{PWM}是桥路PWM的等效增益；T_s是开关变换器的惯性常数，τ_i为LC滤波电路电感值与电压外环电阻的比值，K_{ip}为电流环比例系数和积分系数的乘积，R为内环电路电阻。

6.根据权利要求5所述的并联逆变电源均流控制方法，其特征在于：在输入采样电压和采样电流前，先对采样电压和采样电流进行克拉克变换，将三相下坐标轴下的信号转换成两相静止坐标轴下的信号；同样的，预先设置的参考电压也需要经过克拉克变换后再输入到电压控制环中；在最终生成驱动波驱动逆变桥前，需要再将两相静止坐标轴下的信号，重新转换成三相坐标轴下信号。

一种太阳能车站及并联逆变电源均流控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种分布式能源供电控制方法，尤其涉及一种太阳能车站及并联逆变电源均流控制方法。

背景技术

[0002] 太阳能光伏发电技术在如今已经被广泛利用，随着能源问题的加剧，太阳能光伏发电的优势正日益明显。太阳能车站的数量也随着城市发展而越来越多。

[0003] 当太阳能车站在白天进行光伏发电时，大部分的光伏发电量都被车站本身用电消耗，但仍有一部分电量没有被使用。此时如果将这一小部分电能联网输送给电网，尽管能充分利用太阳能光伏板发出的电能，但同时会引起很多负面作用，例如联网成本增加、电网电能质量波动等。如果忽略这部分多余电能，则会降低能源利用效率，造成浪费。因此，采用蓄电池储能将这部分多余的电能储存起来就显得非常重要。

[0004] 在太阳能光伏板发电后，产生的直流电能够直接储存进多个并联使用的储能电池。但当需要使用这些储能电池中的电能时，则需要采用逆变桥，通过逆变电路将直流电转换成交流电供给车站或者用户使用。当多个逆变电源并联使用时，由于各个逆变电源参数之间存在差异，各个逆变电源输出电压电流的不平衡，会导致在电路中产生环流，环流的存在会使得电源输出电能质量下降，电能利用率降低，影响负载使用寿命。

发明内容

[0005] 发明目的：针对以上问题，本发明提出一种太阳能车站及并联逆变电源均流控制方法，能够很好地抑制并联电路中的环流，提高并联逆变电源系统的输出电压、输出电流的稳定，使得输出三相电压、三相电流能够保持幅值、相位的稳定平衡，保证电能质量。

[0006] 技术方案：本发明所采用的技术方案是一种太阳能车站，包括太阳能光伏板、蓄电池储能系统、逆变电源控制系统、手机充电桩和显示屏，太阳能光伏板与手机充电桩和蓄电池储能系统相连，太阳能光伏板发电直接供给所述手机充电桩使用，剩余电能转送到所述蓄电池储能系统中，蓄电池储能系统通过逆变电源控制系统进行并联均流后为手机充电桩和显示屏供电，所述逆变电源控制系统包括至少两个并联的逆变电源，将其中一个逆变电源作为主控制，其余逆变电源作为从控制；所述通过逆变电源控制系统进行并联均流是指以逆变电源的输出电压的反馈控制作为控制电路外环，以逆变电源的输出电流的反馈控制作为控制电路内环，通过电压电流双环控制对单个逆变电源输出进行一次调节；同时将主控制中逆变电源的输出电压和参考电压经电压调制后的信号作为从控制的逆变电源控制电路内环的输入信号，对多个逆变电源组成的系统的输出进行二次调节；从控制中省去了控制电路外环。

[0007] 控制电路外环反馈控制的开环传递函数为：

[0008] $$G(s)=\frac{K_v(1+T_v s)}{CT_v s(1+T_{ev}s)+1}$$

[0009] 其中T_v为控制电路外环采样时间常数，K_v为电压环的比例系数，T_{ev}为控制电路外环参考时间常数，C为LC滤波电路电容值。

[0010] 控制电路内环反馈控制的开环传递函数为：

[0011] $$G(s)=\frac{K_{ip}K_{PWM}}{R\tau_i s(1.5T_s+1)}$$

[0012] 其中T_s为控制电路内环采样和反馈的时间常数，K_{PWM}是桥路PWM的等效增益；T_s是开关变换器的惯性常数，τ_i为LC滤波电路电感与电压外环电阻的比值，K_{ip}为电流环比例系数和积分系数的乘积，R为内环电路电阻。

[0013] 所述太阳能车站还包括水槽，所述水槽包括上方水槽和下方水槽，上方水槽与太阳能光伏板相连，安装于太阳能光伏板上方，用于清洁太阳能光伏板表面灰尘及颗粒物；下方水槽设于车站顶棚边沿，两侧开口，用于排水。

[0014] 所述显示屏采用LED显示屏，用于显示蓄电池储能系统中剩余电能百分比。

[0015] 所述手机充电桩设于车站的立柱上，所述蓄电池储能系统以及所述逆变电源控制系统安装于车站下方地下。

[0016] 相应的，本发明提出一种并联逆变电源均流控制方法，包括以下步骤：

[0017] S1：以逆变电源的输出电压的反馈控制作为控制电路外环，以逆变电源的输出电流的反馈控制作为控制电路内环；将其中一个逆变电源作为主控制，其余逆变电源为从控制；

[0018] S2：通过参考电压和采样电压作为主控制中的控制电路外环的输入，经过电压调节器反馈控制得到信号；

[0019] S3：从控制中省去控制电路外环，将步骤S2中得到的信号作为从控制中控制电路内环的参考电流输入，与从控制中采样电流经电流调节器进行反馈控制，得到调制波；

[0020] S4：再将得到的调制波与载波相加并转换为PWM信号得到驱动波，用来驱动逆变电源，实现均流作用；

[0021] 其中，采样电压为主控制中逆变电源的输出电压，采样电流为从控制中逆变电源的输出电流。

[0022] 控制电路外环反馈控制的开环传递函数为：

[0023] $$G(s)=\frac{K_v(1+T_v s)}{CT_v s(1+T_{ev}s)+1}$$

[0024] 其中T_v为控制电路外环采样时间常数，K_v为电压环的比例系数，T_{ev}为控制电路外环参考时间常数，C为LC滤波电路电容值。

[0025] 控制电路内环反馈控制的开环传递函数为：

[0026] $$G(s)=\frac{K_{ip}K_{PWM}}{R\tau_i s(1.5T_s+1)}$$

[0027] 其中T_s为控制电路内环采样和反馈的时间常数，K_{PWM}是桥路PWM的等效增益；T_s是开关变换器的惯性常数，τ_i为LC滤波电路电感与电压外环电阻的比值，K_{ip}为电流环比例系数和积分系数的乘积，R为内环电路电阻。

[0028] 在输入采样电压和采样电流前，先对采样电压和采样电流进行克拉克变换，将三相下坐标轴下的信号转换成两相静止坐标轴下的信号；同样的，预先设置的参考电压也需

要经过克拉克变换后再输入到电压控制环中。在最终生成驱动波驱动逆变桥前，需要再将两相静止坐标轴下的信号，重新转换成三相坐标轴下信号。

[0029] 有益效果：相比于现有技术，本发明具有以下优点：(1)太阳能车站通过储能系统存储太阳能光伏板的剩余电能，一方面避免了该部分电能上网时带来的电压电流的波动，另一方面也减少了电能浪费。(2)太阳能车站设有显示屏和手机充电桩，充分利用太阳能光伏板为车站提供电力。(3)本发明采用基于主从控制思想的电压电流双环控制策略的逆变电源控制系统，同时，电流内环还起到加快动态相响应的作用，使得系统的动态响应更加的快速。能够有效的抑制消除多个储能电池并联使用时系统中存在的环流，实现并联均流目标，改善电能质量，维持输出电压稳定，保证用电设备安全稳定运行。

附图说明

[0030] 图1是本发明所述的并联逆变电源均流控制方法的流程示意图；

[0031] 图2是本发明所述的逆变电源控制系统中的主从控制电路框图；

[0032] 图3是本发明所述的太阳能车站模块图；

[0033] 图4是本发明所述的太阳能车站的结构示意图。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图和实施例对本发明的技术方案作进一步的说明。

[0035] 本发明所述的太阳能车站模块图如图3所示，包括太阳能光伏板、蓄电池储能系统、逆变电源控制系统、手机充电桩和LED显示屏。太阳能光伏板与手机充电桩和蓄电池储能系统相连，太阳能光伏板发电后，大部分电能经DC/AC变换器转换后，直接供给所述手机充电桩使用，剩下部分电能转送到所述蓄电池储能系统中。蓄电池储能系统通过逆变电源控制系统为手机充电桩和LED显示屏供电，用于存储多余的电能，提高能源的利用率，保障用户用电需求得到满足。当手机充电桩和所述LED显示屏需要使用蓄电池储能系统中的电能时，电能从蓄电池储能系统发出，经逆变电源控制系统进行并联均流后供给给所述手机充电桩和所述LED显示屏使用。

[0036] 逆变电源控制系统通常包括逆变器和滤波器，通过逆变器将蓄电池储能系统发出的直流电转换成交流电后经滤波供给负载使用。本发明所述的逆变电源控制系统中至少包括两个并联的逆变电源，但当多个并联使用的储能电池中存储的直流电经过逆变电路转化成交流电供给用户使用时，由于电路参数不平衡而导致的系统中环流存在，会引起系统输出电压和输出电流幅值和相位不平衡的问题。为了解决上述问题，本发明提出了一种基于主从控制思想的电压电流双环控制的逆变电源并联均流控制策略，来应用于太阳能车站及其储能系统。通过使用该方案能够很好地使得并联电路中的环流$\dot{I}_H=\left|\dot{I}_{o1}-\dot{I}_{o2}-\cdots-\dot{I}_{on}\right|/n=0A$，抑制并联电路中的环流，提高并联逆变电源系统的输出电压、输出电流的稳定，使得输出三相电压、三相电流能够保持幅值、相位的稳定平衡，保证电能质量。其中$\dot{I}_H$为电路中环流，$\dot{I}_{o1}$、$\dot{I}_{o2}$、…、$\dot{I}_{on}$为各个逆变电源系统各自的输出电流，n为整个系统中单个逆变电源的个数。

[0037] 逆变电源控制系统主要采用基于主从控制思想的电压电流双环控制策略。通过电压电流双环控制可以对单个逆变电源输出电压进行一次调节。通过主从控制方案能够对多

个逆变电源组成的系统的输出电压进行二次调节。采用主从控制方案可以避免一个逆变电源回路发生故障时导致整体电路瘫痪，同时减小由于各个逆变电源参数不同而造成的误差。采用电压电流双环控制策略，可以使得系统响应速度更快，能够很好的抑制消除环流，实现并联均流目标，改善电能质量，维持输出电压稳定，保证用电设备安全稳定运行。

[0038] 图2为所述主从控制电路的结构框图，简化采用一个主机一个从机为例。所述从机的作用只提供均流控制，所述主机相当于电压源，从机相当于电流源。

[0039] 整个从机的控制模块与主机的控制模块相比，缺少了输出电压采样部分和设置参考电压部分，取而代之的是两个主机信号。这两个主机信号充当主机电压环的输出值。

[0040] 将这两个主机信号直接加到从机的电流内环前，充当从机电流内环的输入信号。此时，由于省去了控制回路中的电压外环，所述从机只担当均流控制作用。

[0041] 从机电流环的输入参考值为主机发送的信号，这样可以更好地实现主机和从机之间信号的同步，避免了由于两台逆变电源之间数据信号不同步而产生的环流。

[0042] 在输入采样电压和采样电流前，先对采样电压和采样电流进行克拉克(Clark)变换，通过Clark变换，可以将三相下坐标[a,b,c]轴下的信号转换成两相静止坐标[α,β]轴下的信号。通过克拉克变换，需要的主机信号由三个减少到两个，从而节省了系统空间，提高系统的稳定性。同样的，预先设置的参考电压也需要经过克拉克变换后再输入到电压控制环中。在最终生成驱动波驱动逆变桥前，需要再将两相静止坐标轴下的信号，重新转换成三相坐标轴下信号。

[0043] 对于超过两个逆变电源的情况，一个逆变电源作为主控制，其余逆变电源均作为从控制，其反馈控制电路与图2中的从控制电路相同，从机电流环的输入参考值为主机发送的信号。

[0044] 如图4所示，是本发明所述的太阳能车站的结构示意图。上方水槽11与太阳能光伏板3相连，安装于太阳能光伏板3上方，用于清洁太阳能光伏板3表面灰尘及颗粒物。下方水槽12设置于车站顶棚的边沿位置，位于太阳能光伏板3的下方，两端设有开口便于排水，保证车站的安全与卫生。LED显示屏2与蓄电池储能系统6相连接，可显示蓄电池储能系统6中剩余电能百分比。太阳能光伏板3安装于车站顶棚上方接收太阳能，用于生产电能。手机充电桩4与蓄电池储能系统6以及太阳能光伏板3相连，用于供给用户用电。逆变电源控制系统5与储能系统相连，用于改善经蓄电池储能系统6发出的电能质量，抑制环流。蓄电池储能系统6安装于地下，用于存储剩余的电能。

[0045] 图1为所述的并联逆变电源均流控制方法的流程示意图包括以下步骤：

[0046] S1：将逆变电源的输出电压的瞬时反馈控制作为电路外环，以逆变电源的输出电流的瞬时反馈作为电路的内环。

[0047] S2：通过参考电压VC和采样电压V作为电压外环的输入，经过电压调节器反馈控制处理后得到信号。

[0048] S3：将电压调节器输出处的信号作为电流内环的参考电流输入IC，与采样电流I经电流调节器进行反馈控制处理，得到调制波。

[0049] S4：此时得到了想要的电压电流，再将得到的调制波与载波相加并转换为PWM信号得到驱动波，用来驱动逆变器中的逆变桥。

[0050] 其中，采样电压为主控制中逆变电源的输出电压，采样电流为从控制中逆变电源

的输出电流。

[0051] 电压外环和电流内环均采用PI控制，电流内环的开环传递函数为：

[0052] $$G(s)=\frac{K_{ip}K_{PWM}}{R\tau_i s(1.5T_s+1)}$$

[0053] 其中T_s为电流内环采样和反馈的时间常数，K_{PWM}是桥路PWM的等效增益；T_s是开关变换器的惯性常数，τ_i为LC滤波电路电感与电压外环电阻的比值，K_{ip}为电流环比例系数和积分系数的乘积，R为内环电路电阻。

[0054] 电压外环的开环传递函数为：

[0055] $$G(s)=\frac{K_v(1+T_v s)}{CT_v s(1+T_{ev}s)+1}$$

[0056] 其中T_v为电压外环采样时间常数，K_v为电压环的比例系数，T_{ev}为电压外环参考时间常数。C为LC滤波电路中的电容值。

[0057] 同时，电流内环还起到加快动态相响应的作用，使得系统的动态响应更加的快速。

[0058] 本发明既保证用电设备安全稳定的运行，也避免了当多余电能上网时带来的电网电压的波动。既能充分合理利用能源，也可以保证用电电压电流的稳定平衡。

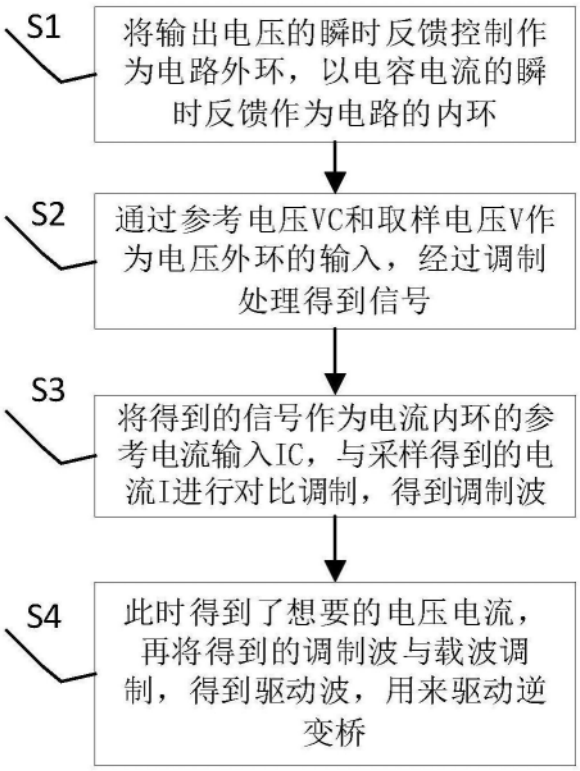

S1
将输出电压的瞬时反馈控制作为电路外环，以电容电流的瞬时反馈作为电路的内环
S2
通过参考电压VC和取样电压V作为电压外环的输入，经过调制处理得到信号
S3
将得到的信号作为电流内环的参考电流输入IC，与采样得到的电流I进行对比调制，得到调制波
S4
此时得到了想要的电压电流，再将得到的调制波与载波调制，得到驱动波，用来驱动逆变桥

图1

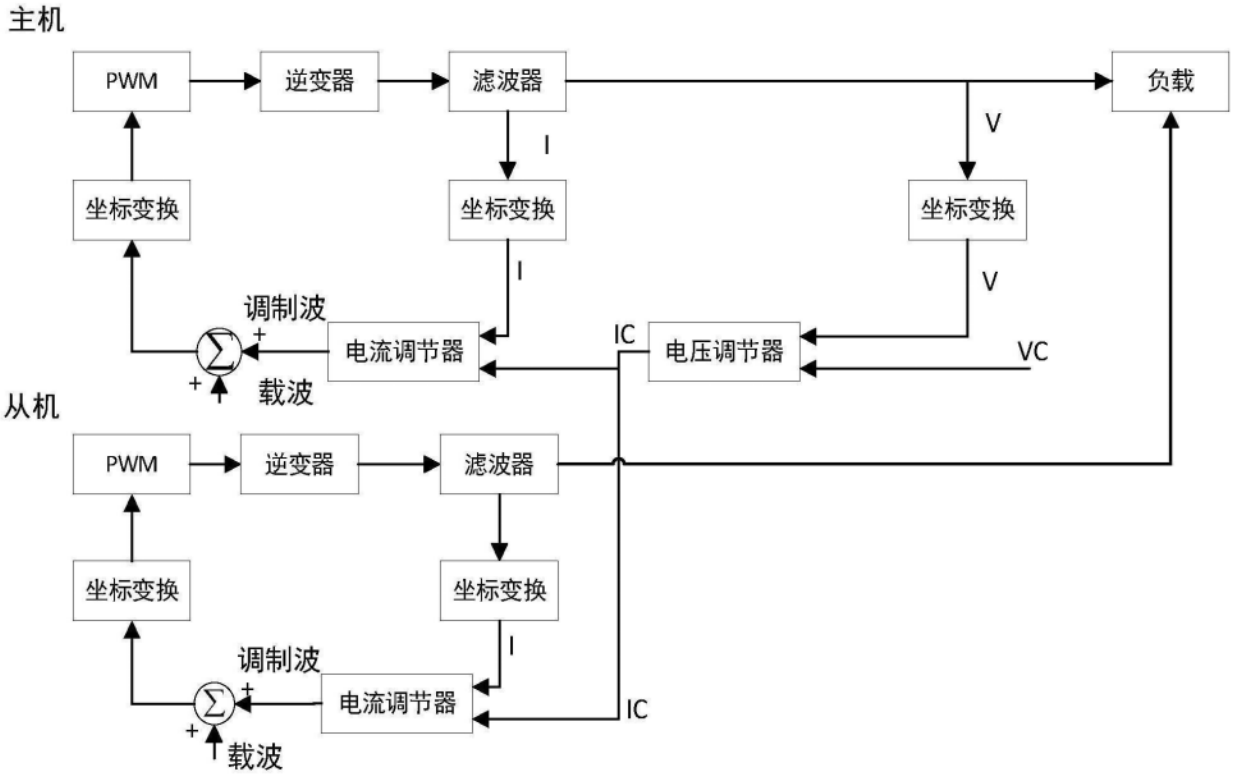

主机
PWM
逆变器
滤波器
负载
I
V
坐标变换
坐标变换
坐标变换
I
V
调制波
+
电流调节器
IC
电压调节器
VC
+
载波
从机
PWM
逆变器
滤波器
坐标变换
坐标变换
I
调制波
+
电流调节器
IC
+
载波

图2

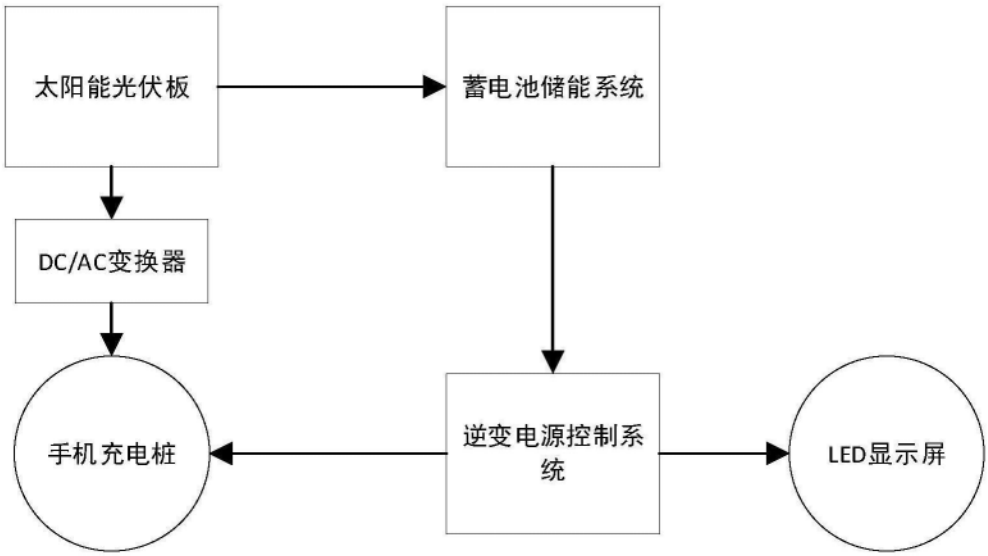


图3

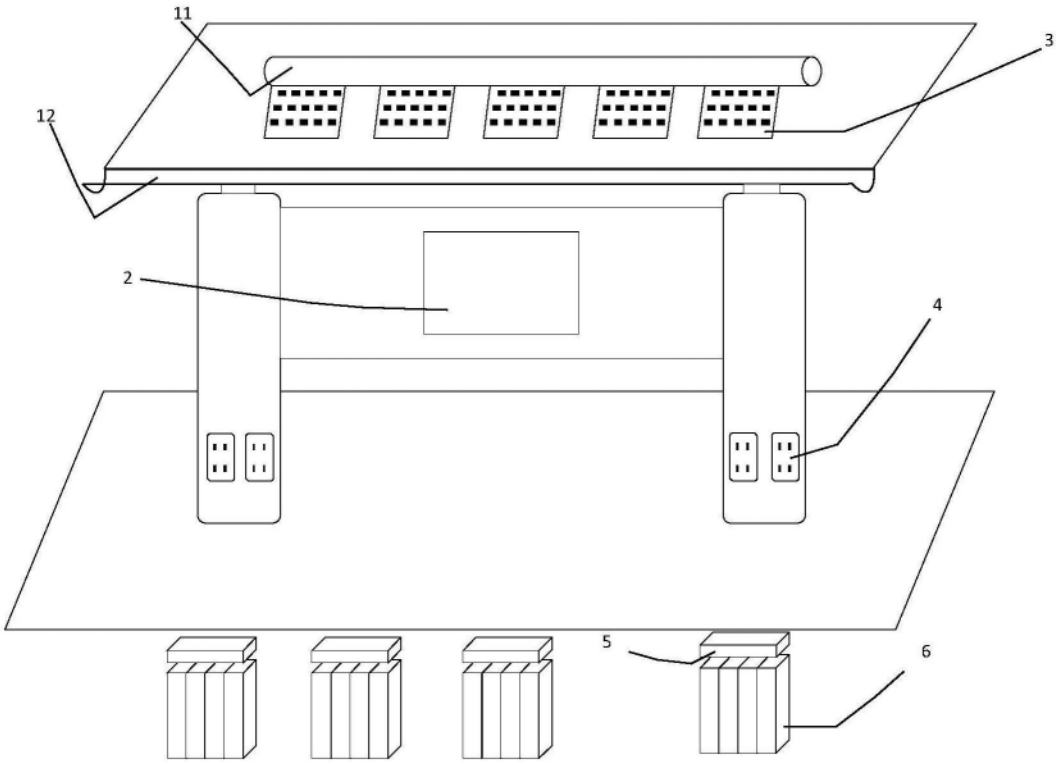


图4