

(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
2021 年 10 月 21 日 (21.10.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/208045 A1

(51) 国际专利分类号:
H02J 3/38 (2006.01) **H02M 5/00** (2006.01)
H02M 3/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/085212

(22) 国际申请日: 2020 年 4 月 16 日 (16.04.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(72) 发明人: 张彦忠 (ZHANG, Yanzhong); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。高拥兵 (GAO, Yongbing); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。王勋 (WANG, Xun); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华

为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。欣普夫纳罗兰 (HUEMPFNER, Roland); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市深佳知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENPAT INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国广东省深圳市罗湖区南湖街道春风路庐山大厦 B 座 18C2、18D、18E、18E2, Guangdong 518001 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: POWER SUPPLY SYSTEM

(54) 发明名称: 一种电源系统

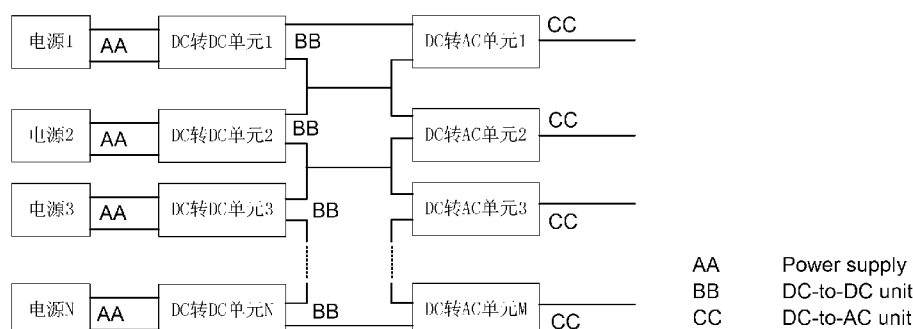


图 16

(57) Abstract: Provided is a power supply system. By means of cascading output ends of power supplies or DC-to-DC units, an output voltage is improved, a current between the power supplies or the DC-to-DC units and DC-to-AC units is reduced, and the problems of the cost and loss of cables from the power supplies or the DC-to-DC units to the DC-to-AC units are solved. In addition, the power supply system provided by the embodiments of the present application can also reduce the number of cables from the power supplies or the DC-to-DC units to the DC-to-AC units by means of cascading the output ends of the power supplies or the DC-to-DC units and cascading inputs of the DC-to-AC units, thereby reducing system cost. Furthermore, in the power supply system provided by the embodiments of the present application, the inputs of the DC-to-AC units are cascaded, and outputs thereof are isolated from each other, such that the specification of a power conversion device can be lowered. The problems of the specifications of power conversion devices in the current industry being insufficient and the high cost thereof are solved. Moreover, the power supply system provided in some embodiments can also solve the problem of potential induced degradation (PID) caused by a negative voltage of a battery panel to earth when the system operates.

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, 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)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本申请实施例提供一种电源系统, 通过电源或DC转DC单元的输出端级联的方式, 提高输出电压, 降低电源或DC转DC单元与DC转AC单元之间的电流, 解决电源或DC转DC单元到DC转AC单元线缆成本和损耗问题。同时, 本申请实施例提供的电源系统还可以通过电源或DC转DC单元的输出端级联、DC转AC单元输入级联的方式, 减少电源或DC转DC单元到DC转AC单元线缆数量, 从而降低系统成本。并且, 本申请实施例提供的电源系统中, DC转AC单元的输入级联, 输出隔离, 能够降低功率转换器件规格。解决现有行业功率变换器件规格不够, 成本高的问题。此外, 一些实施例中提供的电源系统还可以解决系统运行时, 电池板对地存在负电压导致的电势诱导衰减(Potential Induced Degradation, PID)问题。

一种电源系统

技术领域

本申请涉及电路技术领域，尤其涉及一种电源系统。

背景技术

光伏发电相对传统的化石能源污染小，因此越来越广泛应用。在发电系统中，三相并网光伏逆变器因其所连接的阵列的性能，可靠性，和管理方面等技术的成熟，应用占比大。随着光伏并网上网电价政策的调整，对光伏发电产出/投入比提出了更高的要求，节省光伏发电的成本势在必行。

目前三相并网光伏逆变器架构有三种：集中式、分布式、集散式。集中和集散式逆变器转换功率大，但输入和并网电压低，导致输入电流和输出电流变大，直流/交流线缆直径变大，成本增大，损耗增大。分布式逆变器转换功率小，虽输入电压可达 1500V，并网电压可高达 800VAC，但随着功率的增加，同样面临输入电流和输出电流变大，直流/交流线缆直径变大，成本增大，损耗增大的问题。

发明内容

本申请实施例提供了一种电源系统，用于解决上述线缆上的电流大，线径规格高，成本高的技术问题。

第一方面，本申请实施例提供了一种电源系统，包括：N 个电源模块和 M 个 DC 转 AC 单元，N 为大于 1 的整数，M 为大于 1 的整数；电源模块配置有输出正端和输出负端，DC 转 AC 单元配置有输入正端，输入负端和输出端；第一个电源模块的输出正端与第一个 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；第 n 个电源模块的输出负端与第 n+1 个电源模块的输出正端串联耦合形成第一节点，n 为大于 0 且小于 N 的整数，例如，第 1 个电源模块的输出负端与第 2 个电源模块的输出正端串联耦合形成第一节点，第 2 个电源模块的输出负端与第 3 个电源模块的输出正端串联耦合形成第一节点……第 N 个电源模块的输出负端与第 M 个 DC 转 AC 单元的输入负端耦合；第 m 个 DC 转 AC 单元的输入负端与第 m+1 个 DC 转 AC 单元的输入正端串联耦合形成第二节点，m 为大于 0 且小于 M 的整数，例如，第 1 个 DC 转 AC 单元的输入负端与第 2 个 DC 转 AC 单元的输入正端耦合形成第二节点，第 2 个 DC 转 AC 单元的输入负端与第 3 个 DC 转 AC 单元的输入正端耦合形成第二节点……至少一个第一节点和至少一个第二节点耦合；DC 转 AC 单元的输出端输出隔离。

如第一方面的电源系统中，电源模块采用级联的方式，将电源模块的输出电压提高，从而降低电源模块与 DC 转 AC 单元之间的电流，使得电源模块与 DC 转 AC 单元之间的线缆可以选用线径规格低的线缆，解决电源模块到 DC 转 AC 单元线缆成本问题。

第二方面，本申请实施例提供了一种电源系统，包括第一电源，第二电源，第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元；第一电源的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；第一电源的输出负端与第二电源的输出正端耦合形成第一节点；第二电源的输出负

端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合；第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合形成第二节点；第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端输出隔离。

如第二方面的电源系统中，第一电源和第二电源采用级联的方式，将电源（包括第一电源和第二电源）的输出电压提高，从而降低电源与 DC 转 AC 单元（包括第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元）之间的电流，使得电源与 DC 转 AC 单元之间的线缆可以选用线径规格低的线缆，解决电源到 DC 转 AC 单元线缆成本问题。

结合第二方面的电源系统，在一种可能的实现方式中，第一电源的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端通过第一导线耦合，第二电源的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端通过第二导线耦合，第一节点与第二节点通过第三导线耦合连接；第三导线上的电流值 $\leq$ 第一导线或第二导线上的电流值。由于第三导线上的电流值较低，因此可以降低第三导线的线缆规格，进一步降低第三导线的成本。并且，在第一电源和第二电源的输出功率/电压不对称时，或在第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元输入功率/电压不对称时，能够提供电流回路，实现电压均衡。

第三方面，本申请实施例提供了一种电源系统，包括 N 个电源模块，N 个 DC 转 DC 单元以及 M 个 DC 转 AC 单元；电源模块的输出端与 DC 转 DC 单元的输入端耦合；第一个 DC 转 DC 单元的输出正端与第一个 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；第 n 个 DC 转 DC 单元的输出负端与第 n+1 个 DC 转 DC 单元的输出正端串联耦合形成第一节点，n 为大于 0 且小于 N 的整数；第 N 个 DC 转 DC 单元的输出负端与第 M 个 DC 转 AC 单元的输入负端耦合；第 m 个 DC 转 AC 单元的输入负端与第 m+1 个 DC 转 AC 单元的输入正端串联耦合形成第二节点，m 为大于 0 且小于 M 的整数；至少一个第一节点和至少一个第二节点之间耦合；DC 转 AC 单元的输出端隔离输出。

如第三方面的电源系统中，DC 转 DC 单元采用级联的方式，将 DC 转 DC 单元的输出电压提高，从而降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，使得 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的线缆可以选用线径规格低的线缆，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本问题。第四方面，本申请实施例提供了一种电源系统，其特征在于，包括第一电源，第二电源，第一级 DC 转 DC 单元，第二级 DC 转 DC 单元，第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元；第一电源的输出端与第一级 DC 转 DC 单元的输入端耦合；第二电源的输出端与第二级 DC 转 DC 单元的输入端耦合；第一级 DC 转 DC 单元的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；第一级 DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 DC 单元的输出正端耦合形成第一节点；第二级 DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输出负端耦合；第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合形成第二节点；第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端输出隔离。

如第四方面的电源系统中，DC 转 DC 单元（第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元）采用级联的方式，将 DC 转 DC 单元的输出电压提高，从而降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元（第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元）之间的电流，使得 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的线缆可以选用线径规格低的线缆，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元

线缆成本问题。

结合第四方面的电源系统，在一种可能的实现方式中，第一 DC 转 DC 单元的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端通过第一导线耦合，第二 DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端通过第二导线耦合，第一节点与第二节点通过第三导线耦合连接；第三导线上的电流值 $\leq$ 第一导线或第二导线上的电流值。由于第三导线上的电流值较低，因此可以降低第三导线的线缆规格，进一步降低第三导线的成本。并且，在第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元的输出功率/电压不对称时，或在第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元输入功率/电压不对称时，能够提供电流回路，实现电压均衡。

第五方面，本申请实施例提供了一种电源系统，包括电源，DC 转 DC 单元和 N 个 DC 转 AC 单元；电源的输出端与 DC 转 DC 单元的输入端耦合；DC 转 DC 单元的输出正端与第一个 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；DC 转 DC 单元的输出负端与第 N 个 DC 转 AC 单元的输入负端耦合；第 n 个 DC 转 AC 单元的输入负端与第 n+1 个 DC 转 AC 单元的输入正端串联耦合形成第一节点，n 为大于 0 且小于 N 的整数；DC 转 AC 单元的输出端隔离。

如第五方面的电源系统中，DC 转 AC 单元采用级联的方式，将 DC 转 AC 单元的输入电压提高，从而降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，使得 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的线缆可以选用线径规格低的线缆，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本问题。当 DC 转 DC 单元接入多个电源时，可以通过 DC 转 DC 单元提高输出电压，从而降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。

第六方面，本申请实施例提供了一种电源系统，包括电源，DC 转 DC 单元，第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元；电源的输出端与 DC 转 DC 单元的输入端耦合；DC 转 DC 单元的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合；第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端输出隔离。

如第六方面的电源系统，DC 转 AC 单元的输入端级联，降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。当 DC 转 DC 单元接入多个电源时，可以通过 DC 转 DC 单元提高输出电压，从而降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。

结合第六方面的电源系统，在一种可能的实现方式中，DC 转 DC 单元的输出端电位中点为第一节点，第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合形成第二节点；DC 转 DC 单元的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端通过第一导线耦合，DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端通过第二导线耦合，第一节点和第二节点通过第三导线耦合；第三导线上的电流值 $\leq$ 第一导线或第二导线上的电流值。由于第三导线上的电流值较低，因此可以降低第三导线的线缆规格，进一步降低第三导线的成本。并且，在 DC 转 DC 单元的输出功率/电压不对称时，或在第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元输入功率/电压不对称时，能够提供电流回路，实现电压均衡。

第七方面，本申请实施例提供了一种电源系统，包括 N 个第一电源，M 个第二电源，N

个 DC 转 DC 单元, S 个 DC 转 AC 单元; 第一电源的输出端与 DC 转 DC 单元的输入端耦合; N 个 DC 转 DC 单元的输出端、M 个第二电源的输出端串联构成的正端与 S 个 DC 转 AC 单元的输入端串联构成的正端耦合连接; N 个 DC 转 DC 单元的输出端、M 个第二电源的输出端串联构成的负端与 S 个 DC 转 AC 单元的输入端串联构成的负端耦合连接; N 个 DC 转 DC 单元的输出端、M 个第二电源的输出端串联耦合, 串联耦合点构成第一节点, S 个 DC 转 AC 单元的输入端串联耦合, 串联耦合点构成第二节点, 至少一个第一节点和至少一个第二节点通过至少一根线缆耦合连接; DC 转 AC 单元的输出端隔离。

如第七方面的电源系统中, DC 转 DC 单元和第二电源采用级联的方式, 将 DC 转 DC 单元和第二电源的输出电压提高, 从而降低 DC 转 DC 单元、第二电源与 DC 转 AC 单元之间的电流, 使得 DC 转 DC 单元、第二电源与 DC 转 AC 单元之间的线缆可以选用线径规格低的线缆, 解决 DC 转 DC 单元、第二电源到 DC 转 AC 单元线缆成本问题。

第八方面, 本申请实施例提供了一种电源系统, 包括: 第一电源, DC 转 DC 单元, 第二电源, 第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元; 第一电源的输出端与 DC 转 DC 单元的输入端耦合; DC 转 DC 单元与第二电源的输出端串联耦合, 耦合点为第一节点; 第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合, 耦合点为第二节点; DC 转 DC 单元与第二电源的输出端串联耦合后, 形成的正输出端为第一端口, 第一端口与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合; DC 转 DC 单元与第二电源的输出端串联耦合后, 形成的负输出端为第二端口, 第二端口与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合; 第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端输出隔离。

如第八方面的电源系统中, DC 转 DC 单元和第二电源采用级联的方式, 将 DC 转 DC 单元和第二电源的输出电压提高, 从而降低 DC 转 DC 单元、第二电源与 DC 转 AC 单元 (第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元) 之间的电流, 使得 DC 转 DC 单元、第二电源与 DC 转 AC 单元之间的线缆可以选用线径规格低的线缆, 解决 DC 转 DC 单元、第二电源到 DC 转 AC 单元线缆成本问题。

结合第八方面, 在一种可能的实现方式中, 第一端口与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端通过第一导线耦合, 第二端口与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端通过第二导线耦合, 第一节点和第二节点通过第三导线耦合; 第三导线上的电流值 $\leq$ 第一导线或第二导线上的电流值。由于第三导线上的电流值较低, 因此可以降低第三导线的线缆规格, 进一步降低第三导线的成本。并且, 在 DC 转 DC 单元和第二电源的输出功率/电压不对称时, 或在第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元输入功率/电压不对称时, 能够提供电流回路, 实现电压均衡。

附图说明

图 1 为本申请实施例提供的电源系统的实施例一的示意图;

图 2 为本申请实施例中电源的示意图;

图 3a 为本申请实施例中一种光伏阵列的示意图;

图 3b 为本申请实施例中另一种光伏阵列的示意图;

图 4 为本申请实施例中 DC 转 AC 单元的示意图；
图 5a 为本申请实施例中多组电源组合并联的示意图；
图 5b 为本申请实施例中多组 DC 转 AC 单元组合并联的示意图；
图 5c 为本申请实施例中多组 DC 转 AC 单元组合并联的另一个示意图；
图 6 为本申请实施例提供的电源系统的实施例二的示意图；
图 7 为本申请实施例中电源系统的其中一个实施例的示意图；
图 8 为本申请实施例中电源系统的其中一个实施例的示意图；
图 9a 为包含第一均衡电路单元的电源系统的示意图；
图 9b1 为包含第二均衡电路单元的电源系统的示意图一；
图 9b2 为包含第二均衡电路单元的电源系统的示意图二；
图 9c 为包含第三均衡电路单元的电源系统的示意图；
图 9d1 为包含第四均衡电路单元的电源系统的示意图一；
图 9d2 为包含第四均衡电路单元的电源系统的示意图二；
图 10a 为本申请实施例中多组电源组合并联的示意图；
图 10b 为本申请实施例中多组 DC 转 AC 单元组合并联的示意图；
图 10c 为本申请实施例中多组 DC 转 AC 单元组合并联的另一种示意图；
图 11 为本申请实施例中电源系统带漏电流传感器的示意图；
图 12a 为本申请实施例提供的带有电压源的电源系统的示意图一；
图 12b 为本申请实施例提供的带有电压源的电源系统的示意图二；
图 12c 为本申请实施例提供的带有电压源的电源系统的示意图三；
图 13 为本申请实施例中带有隔离单元的电源系统的示意图；
图 14a 为本申请实施例中具有汇流单元的电源系统的示意图一；
图 14b 为本申请实施例中具有汇流单元的电源系统的示意图二；
图 15a 为本申请实施例中包括储能单元的电源系统的示意图一；
图 15b 为本申请实施例中包括储能单元的电源系统的示意图二；
图 15c 为本申请实施例中包括储能单元的电源系统的示意图三；
图 15d 为本申请实施例中包括储能单元的电源系统的示意图四；
图 16 为本申请实施例提供的电源系统的实施例三的示意图；
图 17 为本申请实施例中 DC 转 DC 单元的示意图；
图 18 为本申请实施例提供的电源系统的实施例四的示意图；
图 19 为本申请实施例中电源系统的其中一个实施例的示意图；
图 20 为本申请实施例提供的电源系统的另一个实施例示意图；
图 21 为本申请实施例中包含第一均衡电路单元的电源系统示意图；
图 22a 为本申请实施例中包含第二均衡电路单元电源系统示意图一；
图 22b 为本申请实施例中包含第二均衡电路单元电源系统示意图二；
图 23 为本申请实施例中包含第三均衡电路单元的电源系统示意图；
图 24a 为本申请实施例中包含第四均衡电路单元电源系统示意图一；

图 24b 为本申请实施例中包含第四均衡电路单元电源系统示意图二；
图 25 为本申请实施例中多组 DC 转 DC 单元组合并联的示意图；
图 26 为本申请实施例中设置有 IMD 设备的电源系统示意图；
图 27 为本申请实施例中配置有漏电流传感器的电源系统示意图；
图 28 为本申请实施例中光伏发电系统的一种示意图；
图 29 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图；
图 30 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图；
图 31 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图；
图 32a 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图；
图 32b 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图；
图 33 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图；
图 34 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图；
图 35 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图；
图 36 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图；
图 37 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图；
图 38 为本申请实施例提供的电源系统的实施例五的示意图；
图 39 为本申请实施例提供的电源系统的实施例六的示意图；
图 40 为本申请实施例中电源系统的其中一个实施例的示意图；
图 41 为本申请实施例中电源系统的其中一个实施例的示意图；
图 42 为本申请实施例中包含第一均衡电路单元的电源系统示意图；
图 43 为本申请实施例中包含第二均衡电路单元电源系统示意图；
图 44 为本申请实施例中包含第三均衡电路单元的电源系统示意图；
图 45 为本申请实施例中包含第四均衡电路单元电源系统示意图；
图 46 为本申请实施例提供的光伏发电系统的另一种实施例示意图；
图 47 为本申请实施例提供的光伏发电系统的另一种实施例示意图；
图 48 为本申请实施例提供的光伏发电系统的另一种实施例示意图；
图 49 为本申请实施例提供的光伏发电系统的另一种实施例示意图；
图 50 为本申请实施例提供的电源系统的一种实施例的示意图；
图 51a 为本申请实施例提供的电源系统的示意图一；
图 51b 为本申请实施例提供的电源系统的示意图二；
图 52 为本申请实施例提供的电源系统的一个实施例的示意图；
图 53 为本申请实施例中包含第一均衡电路单元的电源系统示意图；
图 54 为本申请实施例中包含第二均衡电路单元的电源系统示意图；
图 55 为本申请实施例中包含第三均衡电路单元的电源系统示意图；
图 56 为本申请实施例中包含第四均衡电路单元的电源系统示意图；
图 57 为本申请实施例提供的光伏发电系统的一种示意图；
图 58 为本申请实施例中光伏发电系统的实施例示意图；

图 59 为本申请实施例中光伏发电系统的实施例示意图；

图 60 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种实施例示意图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行详细描述。

针对光伏系统发电系统成本及损耗高的问题，本申请实施例提供一种电源系统，通过电源或直流（direct current, DC）转 DC 单元的输出端级联的方式，提高输出电压，降低电源或 DC 转 DC 单元与 DC 转交流（alternating current, AC）单元之间的电流，解决电源或 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。同时，本申请实施例提供的电源系统还可以通过电源或 DC 转 DC 单元的输出端级联、DC 转 AC 单元输入级联的方式，减少电源或 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆数量，从而降低系统成本。并且，本申请实施例提供的电源系统中，DC 转 AC 单元的输入级联，输出隔离，能够降低功率转换器件规格。解决现有行业功率变换器件规格不够，成本高的问题，并且可以选用 1500V 断路器，成本低。在一些实施例中，DC 转 DC 单元输出级联时，本申请实施例可以通过 DC 转 DC 单元级系统的设计，解决系统运行时，电池板对地存在负电压导致的电势诱导衰减 (Potential Induced Degradation, PID) 问题。

以下将通过实施例具体描述上述解决方案。下述实施例，均采用光伏阵列进行举例说明，其它类似的电源系统的原理一样，可参照下列关于光伏阵列的实施例以实施，本申请实施例将不再赘述。

实施例一

图 1 为本申请实施例提供的电源系统的实施例一的示意图。该电源系统包括 N 个电源和 M 个 DC 转 AC 单元，N 为大于 1 的整数，M 为大于 1 的整数。可以理解的是，N 和 M 在数值上没有关系，即 N 可以等于 M，N 可以大于 M，N 可以小于 M，本申请实施例对此不做限定。

N 个电源中，每个电源均配置有输出正端和输出负端，如图 2 所示。图 2 为本申请实施例中电源的示意图。在本申请实施例中，为方便描述，除特殊说明或标注外，一般将电源右侧上方的输出端称为输出正端，电源右侧下方的输出端称为输出负端。本申请实施例中的电源可以是光伏阵列、储能电源或者风力发电直流源，在实际应用中，还可以是其他的电源类型，本申请实施例对此不做限定。本申请实施例中 N 个电源可以是同一个类型，例如都是光伏阵列，也可以不是同一个类型，例如电源 1 是光伏阵列，电源 2 是储能电源，以此类推，本申请实施例对此不做限定。

其中，光伏（photovoltaic, PV）阵列可以由光伏电池板串/并联组合构成，如图 3a 所示。图 3a 为本申请实施例中一种光伏阵列的示意图。光伏电池板 PV 之间可以先串联后并联构成光伏阵列，也可以先并联后串联构成光伏阵列，也可以直接串联构成光伏阵列，还可以直接并联构成光伏阵列，本申请实施例对此不做限定。光伏阵列也可以由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成，如图 3b 所示。图 3b 为本申请实施例中另一种光伏阵列的示意图。每个光伏电池板的输出均可以接优化器或者关断器，然后优化

器或者关断器的输出串/并联组合构成光伏阵列。在一种可能的情况中,其中一些光伏电池板接优化器或者关断器,另一些光伏电池板不接优化器或者关断器,然后再串/并联组合构成光伏阵列。优化器或者关断器是可以实现快速关断功能的设备,在接收到关断的指令后,可以切断对应的线路,使之断路。在实际应用中,优化器或者关断器也可以用其他具有类似功能的装置代替,本申请实施例对此不做限定。

M个DC转AC单元中,每个DC转AC单元配置有输入正端,输入负端和输出端,如图4所示。图4为本申请实施例中DC转AC单元的示意图。在本申请实施例中,为方便描述,除特殊说明或标注外,一般将DC转AC单元左侧上方的输入端称为输入正端,将DC转AC单元左侧下方的输入端称为输入负端,DC转AC单元右侧为输出端。本申请实施例中的DC转AC单元是可以实现将直流转换为交流的装置,例如逆变器等,本申请实施例对此不做限定。本申请实施例中的DC转AC单元的输出可以为三相电压或者单相电压,下面实施例以输出端为三相电压为例进行描述,其他情况例如单相电压可参照本申请的实施例以实施,本申请将不再赘述。

可以理解的是,在本申请实施例中,输出端可以包括输出正端、输出负端,例如,电源1的输出端包括电源1的输出正端,输出负端。输入端也可以包括输入正端,输入负端,例如,DC转AC单元1的输入端包括输入正端、输入负端。

由图1看出,该电源系统中,电源1的输出正端与DC转AC单元1的输入正端耦合,电源N的输出负端与DC转AC单元M的输入负端耦合。电源1的输出负端与电源2的输出正端耦合,电源2的输出负端与电源3的输出正端耦合……依次类推。并且,在本申请实施例中,电源1的输出负端与电源2的输出正端的耦合节点、电源2的输出负端与电源3的输出正端的耦合节点等节点均可以称为第一节点101。DC转AC单元1的输入负端与DC转AC单元2的输入正端耦合,DC转AC单元2的输入负端与DC转AC单元3的输出正端耦合……依次类推。并且,在本申请实施例中,DC转AC单元1的输入负端与DC转AC单元2的输入正端的耦合节点,DC转AC单元2的输入负端与DC转AC单元3的输出正端的耦合节点等节点均可以称为第二节点102。在本申请实施例中,电源1与电源2输出级联,电源2与电源3输出级联……本申请实施例通过电源输出端级联的方式,提高输出电压,降低电源与DC转AC单元之间的电流,解决电源到DC转AC单元线缆成本和损耗问题。示例性的,每个电源的最大输出电压为X伏,则N个电源级联后输出电压最大到NX伏,在同功率情况下,电压变大,输出电流变小,选用的线缆的线径规格降低,成本变低。

至少一个第一节点101和至少一个第二节点102耦合。例如,在一些实施例中,一个第一节点101和一个第二节点102耦合,其他第一节点101和其他第二节点102不耦合。在另一些实施例中,两个第一节点101分别与两个第二节点102耦合,其他第一节点101和其他第二节点102不耦合。在另一些实施例中,第一节点101的数量与第二节点102的数量相等,每个第一节点101与对应的第二节点102耦合。在另一些实施例中,第一节点101的数量与第二节点102的数量不相同,每个第一节点101与对应的第二节点102耦合,剩余的第一节点101或剩余的第二节点102不耦合。在实际应用中,还可能采用其他耦合的方式,本申请实施例对此不做限定。本申请实施例通过第一节点101和第二节点102的

方式将电源与 DC 转 AC 单元连接的线缆数量减少，从而降低了电源系统的成本。

在本申请实施例中，每个 DC 转 AC 单元的输出端之间输出隔离。示例性的，DC 转 AC 单元 1 的输出端与 DC 转 AC 单元 2 的输出端隔离，DC 转 AC 单元 2 的输出端与 DC 转 AC 单元 3 的输出端隔离。在实际应用中，每个 DC 转 AC 单元的输出端耦合连接不同的绕组，每个绕组可以输出三相电压或者单相电压。本申请实施例对此不做限定。本申请实施例通过 DC 转 AC 输入级联，输出隔离，降低功率转换器件规格。解决现有行业功率变换器件规格不够（绝缘栅双极型晶体管（insulated gate bipolar transistor, IGBT）通用最高 1700V），成本高的问题，并且可以选用较低规格断路器，成本低。

可以理解的是，在本申请实施例中，耦合，也可以称为耦合连接，可以包括但不限于通过开关器件、限流器件、保护器件、或者线缆直接连接等任意组合方式实现连接。

在一些实施例中，可以将图 1 中电源 1、电源 2...电源 N 一起视作一组电源组合，将 DC 转 AC 单元 1、DC 转 AC 单元 2...DC 转 AC 单元 M 视作一组 DC 转 AC 单元组合，则当有至少两组电源和/或至少两组 DC 转 AC 单元时，至少两组电源组合的同类输出端并联在一起，至少两组 DC 转 AC 单元组合的同类输入端并联在一起，并联后的同类输出端和并联后的同类输入端之间至少存在一个线缆耦合连接。图 5a 为本申请实施例中多组电源组合并联的示意图。图 5a 中每一竖排为一组电源组合，每组电源组合包括电源 1、电源 2...电源 N。则第一组电源组合的电源 1 的输出正端与第二组电源组合的电源 1 的输出正端并联耦合（即同类输出端并联耦合），第一组电源组合的电源 1 的输出负端与第二组电源组合的电源 1 的输出负端并联耦合...以此类推。可以理解的是，电源 1、电源 2...电源 N 的输出端可以级联形成至少一个第一节点。图 5b 为本申请实施例中多组 DC 转 AC 单元组合并联的示意图。图 5b 中每一竖排为一组 DC 转 AC 单元组合，每组 DC 转 AC 单元组合包括 DC 转 AC 单元 1、DC 转 AC 单元 2...DC 转 AC 单元 M。则第一组 DC 转 AC 单元组合的 DC 转 AC 单元 1 的输入正端与第二组 DC 转 AC 单元组合的 DC 转 AC 单元 1 的输入正端并联耦合（即同类输入端并联耦合），第一组 DC 转 AC 单元组合的 DC 转 AC 单元 1 的输入负端与第二组 DC 转 AC 单元组合的 DC 转 AC 单元 1 的输入负端并联耦合...以此类推。可以理解的是，DC 转 AC 单元 1、DC 转 AC 单元 2...DC 转 AC 单元 M 的输入端可以级联形成至少一个第二节点。至少一个第一节点与至少一个第二节点耦合，即是并联后的同类输出端和并联后的同类输入端之间至少存在一个线缆耦合连接。

图 5c 为本申请实施例中多组 DC 转 AC 单元组合并联的另一个示意图。图 5c 中每一竖排为一组 DC 转 AC 单元组合，每组 DC 转 AC 单元组合包括 DC 转 AC 单元 1、DC 转 AC 单元 2...DC 转 AC 单元 M。在一种可能的情况下，第一组 DC 转 AC 单元组合的 DC 转 AC 单元 1 的输出端与第二组 DC 转 AC 单元组合的 DC 转 AC 单元 1 的输出端可以并联耦合，然后连接绕组，实现并联输出。在另一种可能的情况下，第一组 DC 转 AC 单元组合的 DC 转 AC 单元 1 的输出端与第二组 DC 转 AC 单元组合的 DC 转 AC 单元 1 的输出端隔离输出，即连接不同的绕组，实现隔离输出。其他 DC 转 AC 单元同理，本申请实施例对此不再赘述。

在本申请实施例中，同类输出端的含义为不同组合中对应装置的对应输出端，例如，第一组电源组合的电源 1 的输出正端与第二组电源组合的电源 1 的输出正端为同类输出端，

第一组 DC 转 AC 单元组合的 DC 转 AC 单元 1 的输出端与第二组 DC 转 AC 单元组合的 DC 转 AC 单元 1 的输出端，第一组 DC 转 DC 单元组合的 DC 转 DC 单元 1 的输出端与第二组 DC 转 DC 单元组合的 DC 转 DC 单元 1 的输出端。同类输入端的含义为不同组合中对应装置的对应输入端，例如，第一组 DC 转 AC 单元组合的 DC 转 AC 单元 1 的输入正端与第二组 DC 转 AC 单元组合的 DC 转 AC 单元 1 的输入正端，第一组 DC 转 DC 单元组合的 DC 转 DC 单元 1 的输入正端与第二组 DC 转 DC 单元组合的 DC 转 DC 单元 1 的输入正端等。

在一些实施例中，电源与 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆上耦合通信信号。可以理解的是，电源与 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆可以是电源 1 的输出正端与 DC 转 AC 单元 1 的输入正端耦合的直流线缆，可以是电源 N 的输出负端与 DC 转 AC 单元 M 的输入负端耦合的直流线缆，可以是第一节点和第二节点之间耦合的直流线缆，还可以是电源 1、电源 2...电源 N 之间输出级联的直流线缆，可以是 DC 转 AC 单元 1、DC 转 AC 单元 2...DC 转 AC 单元 M 之间输入级联的直流线缆。优选地，该通信信号可以是电力线通信（power line communication, PLC）信号。这一类耦合在线缆上的信号把载有信息的高频加载于电流然后用电线传输接受信息的适配器再把高频从电流中分离出来以实现信息传递。因此，若电源以及 DC 转 AC 单元是能够识别通信信号的设备，则电源和 DC 转 AC 单元之间可以通过直流线缆上耦合的通信信号进行通信。在实际应用中，该通信信号还可以是除 PLC 信号之外的能够实现通信的信号，本申请实施例对此不做限定。在实际应用中，电源系统可以选用能够识别通信信号的电源以及 DC 转 AC 单元，也可以改装电源以及 DC 转 AC 单元使其能够识别通信信号，本申请实施例对此不做限定。

在一些实施例中，电源为由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成的光伏阵列，则当电源与 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆上耦合通信信号时，该通信信号也经过优化器或者关断器，则电源或 DC 转 AC 单元可以通过该通信信号控制优化器或者关断器的关断，实现快速关断。即电源或 DC 转 AC 单元可以发出带有关断指令的通信信号至优化器或者关断器，当优化器或者关断器接收到带有关断指令的通信信号后，执行关断指令，实现快速关断。其中，通信信号的情况与前述实施例中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，该电源系统还包括至少一个储能单元。该储能单元并联耦合于电源与 DC 转 AC 单元之间相连的至少两根直流线缆。在本申请实施例中，电源与 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆可以是电源与 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆可以是电源 1 的输出正端与 DC 转 AC 单元 1 的输入正端耦合的直流线缆，可以是电源 N 的输出负端与 DC 转 AC 单元 M 的输入负端耦合的直流线缆，可以是第一节点和第二节点之间耦合的直流线缆。示例性的，电源 1 的输出正端与 DC 转 AC 单元 1 的输入正端耦合的直流线缆以及电源 N 的输出负端与 DC 转 AC 单元 M 的输入负端耦合的直流线缆之间并联耦合该储能单元。或者，第一节点和第二节点之间耦合的三条直流线缆之间并联耦合有储能单元。可以理解的是，一个电源系统中包括的储能单元数量没有限定，即可以同时并联耦合多个储能单元，本申请实施例对此不做限定。在本申请实施例中，储能单元可以是能量存储单元，也可以包括直流变换单元以及能量存储单元，还可以是其他能够存储能量的装置，本申请实施例对此不

做限定。其中，能量存储单元可以包括但不限于超级电容、电池等。其中，直流变换单元可以是 DC 转 DC 单元等，本申请实施例对此不做限定。

在一些实施例中，在电源系统配置有储能单元的情况下，储能单元与电源相连的直流线缆上耦合有通信信号，则储能单元可以与电源实现通信。通信信号的情况以及实现通信的原理与前述实施例中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。在另一些实施例中，在电源系统配置有储能单元的情况下，储能单元与 DC 转 AC 单元相连的直流线缆上耦合有通信信号，则储能单元可以与 DC 转 AC 单元实现通信，与前述储能单元与电源实现通信的情况类似，此处不再赘述。

实施例二

图 6 为本申请实施例提供的电源系统的实施例二的示意图。该电源系统包括电源 1、电源 2、第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元。其中，电源 1 和电源 2 可以是光伏阵列、储能电源或者风力发电直流源，与前述实施例一类似，此处不再赘述。第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元可以是能够实现直流转换为交流的装置，例如逆变器等，本申请实施例对此不做限定。

在本申请实施例中，电源 1 的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合，电源 2 的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合，电源 1 的输出负端与电源 2 的输出正端耦合，第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合。因此，电源 1 与电源 2 的输出级联，第一级 DC 转 AC 单元与第二级 DC 转 AC 单元的输入级联。本申请实施例通过电源输出端级联的方式，提高输出电压，降低电源与 DC 转 AC 单元之间的电流，解决电源到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。示例性的，电源 1 和电源 2 的最大输出电压 1500V，电源 1 和电源 2 的输出级联后，输出电压最大到 3KV，在同等功率情况下，电压变压大，输出电流变小，选用的线缆的线径规格降低，成本变低。

第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端输出隔离，连接不同的绕组，与前述实施例一中 DC 转 AC 单元输出隔离的情况类似，此处不再赘述。本申请实施例通过 DC 转 AC 输入级联，输出隔离，降低功率转换器件规格，现有行业功率变换器件规格不够（IGBT 通用最高 1700V），而本申请实施例提供的电源系统中可以选用 1500V 断路器，成本低，解决了现有行业功率变换器件规格不够的技术问题。

电源 1 的输出负端与电源 2 的输出正端耦合的节点称为第一节点，第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合的节点称为第二节点。

图 7 为本申请实施例中电源系统的其中一个实施例的示意图。如图 7 所示，在一些实施例中，电源 1 的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端通过第一导线耦合，电源 2 的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端通过第二导线耦合。第一节点和第二节点之间通过第三导线进行耦合。可以理解的是，在本申请实施例中，第一导线、第二导线和第三导线都属于电源（电源 1、电源 2）和 DC 转 AC 单元（第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元）之间相连的直流线缆。该线缆的材质、线径规格可以根据实际情况配置，本申请实施例对此不做限定。可以理解的是，现有技术中，电源 1 和电源 2 一共可以有 4 个输出端，因此连接 4 根线缆。而本申请实施例通过电源 1 和电源 2 级联以及第一节点和第二

节点通过一根线缆耦合的方式，将 4 根线缆的现有技术方案改造成了仅需要 3 根线缆，因此可以节省一根线缆成本和施工成本。

在一些实施例中，由于第一节点是电源 1 和电源 2 级联的中点，且第二节点是第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元级联的中点，因此可以实现第三导线上的电流值小于或等于第一导线上的电流值。当第三导线上的电流值小于或等于第一导线上的电流值时，第三导线的线径规格可以降低，从而降低第三导线的成本。在另一些实施例中，类似地，第三导线上的电流值小于或等于第二导线上的电流值。因此，当第三导线上的电流值小于或等于第二导线上的电流值时，第三导线的线径规格可以降低，从而降低第三导线的线缆成本。当然，第三导线的电流值也可以同时小于第一导线的电流值和小于第二导线的电流值，同样可以降低第三导线的线径规格，降低第三导线的线缆成本。

在一些实施例中，第一导线、第二导线、第三导线构成分布式双母线（Distributed Double, DC），第一导线和第二导线构成正母线，第二导线和第三导线构成负母线。第三导线为分布式双母线的中线 Middle Cable。第一导线、第二导线、第三导线为直流导线，为 3D 技术（three direct-Cable），通过三根线缆构建直流母线，第一导线和第二导线构建正母线，第二导线和第三导线构建负母线。

图 8 为本申请实施例中电源系统的其中一个实施例的示意图。如图 8 所示，在一些实施例中，第一节点和第二节点同时耦合接地。本申请实施例通过第一节点和第二节点同时耦合接地的方式，实现电源 1 和电源 2 输出功率或者输出电压不对称，或者第一级 DC 转 AC 单元和第二 DC 转 AC 单元输入功率或者输入电压不对称时，提供电流回路，实现电压均衡，保证系统正常工作。并且，第一节点和第二节点之间不需要线缆连接，因此可以节省一根线缆成本和施工成本。

第一节点和第二节点不耦合连接的情况下，考虑电源不一致性的影响。例如，由于光照不同，在光伏发电系统中，电源 1 的输出电压可能大于电源 2 的输出电压，即有可能导致电源 1 和电源 2 输出的电压和/或功率不对称，导致输出功率出现短板效应。因此，第一节点和第二节点不耦合连接的情况下，该电源系统可以配置均衡电路以防止电源 1 和电源 2 输出的电压和/或功率不对称。以下提供四种均衡电路，在实际应用中，还可能存在其他均衡电路，本申请实施例对此不做限定。

在一些实施例中，该电源系统还包括第一均衡电路单元。图 9a 为包含第一均衡电路单元的电源系统的示意图。该第一均衡电路单元配置有第一接口，第二接口和第三接口；第一接口与第二节点耦合；第二接口与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；第三接口与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。该第一均衡电路单元可以平衡所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输入电压和/或功率和/或电流。该第一均衡电路单元的工作原理为：第一均衡电路单元通过第一接口和第二接口从第一级 DC 转 AC 单元的输入端获取能量，通过第一接口和第三接口补偿给第二级 DC 转 AC 单元；或者第一均衡电路单元通过第一接口和第三接口从第二级 DC 转 AC 单元输入端获取能量，通过第一接口和第二接口补偿给从第一级 DC 转 AC 单元。

在一些实施例中，该电源系统还包括第二均衡电路单元。图 9b1 为包含第二均衡电路

单元的电源系统的示意图一。图 9b2 为包含第二均衡电路单元的电源系统的示意图二。该第二均衡电路单元配置有第四接口、第五接口。第四接口与第二节点耦合；第五接口与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合或者与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。第二均衡电路单元的工作原理与第一均衡电路单元的工作原理类似。具体地，第二均衡电路单元可以将第一级 DC 转 AC 单元的能量补偿给第二级 DC 转 AC 单元，或者将第二级 DC 转 AC 单元的能量补偿给第一级 DC 转 AC 单元。因此，第二均衡电路单元可以用于平衡第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输入电压和/或功率和/或电流。

在一些实施例中，该电源系统还包括第三均衡电路单元。图 9c 为包含第三均衡电路单元的电源系统的示意图。该第三均衡电路单元配置有第六接口，第七接口和第八接口；第六接口与第一节点耦合；第七接口与电源 1 的输出正端耦合；第八接口与电源 2 的输出负端耦合。第三均衡电路单元的工作原理与第一均衡电路单元的工作原理类似。具体地，第三均衡电路单元可以将电源 1 输出的能量补偿给电源 2，或者将电源 2 输出的能量补偿给电源 1。因此，第三均衡电路单元可以用于平衡电源 1 和电源 2 的输出电压和/或功率和/或电流。

在一些实施例中，该电源系统还包括第四均衡电路单元。图 9d1 为包含第四均衡电路单元的电源系统的示意图一。图 9d2 为包含第四均衡电路单元的电源系统的示意图二。第四均衡电路单元配置有第九接口和第十接口。第九接口与第一节点耦合；第十接口与电源 1 的输出正端耦合或者电源 2 的输出负端耦合。第四均衡电路单元的工作原理与第一均衡电路单元的工作原理类似。具体地，第四均衡电路单元可以将电源 1 输出的能量补偿给电源 2，或者将电源 2 输出的能量补偿给电源 1。因此，第四均衡电路单元可以用于平衡电源 1 和电源 2 的输出电压和/或功率和/或电流。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合不同的变压器；或第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合同一变压器的不同绕组，实现输出隔离。

在一些实施例中，电源 1 和电源 2 视作一组电源组合，第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元视作一组 DC 转 AC 单元组合。图 10a 为本申请实施例中多组电源组合并联的示意图。如图 10a 所示，当至少两组电源组合耦合时，第一组电源组合的电源 1 与第二组电源组合的电源 1 对应的输出端并联耦合，与前述实施例一中关于电源组合的描述类似，此处不再赘述。图 10b 为本申请实施例中多组 DC 转 AC 单元组合并联的示意图，当至少两组 DC 转 AC 单元组合并联时，第一组 DC 转 AC 单元组合的第一级 DC 转 AC 单元的输入端与第二组的第一级 DC 转 AC 单元的输入端并联，与前述实施例一中关于 DC 转 AC 单元组合的输入端情况描述类似，此处不再赘述。图 10c 为本申请实施例中多组 DC 转 AC 单元组合并联的另一种示意图。当至少两组 DC 转 AC 单元组合并联时，第一组 DC 转 AC 单元组合的第一级 DC 转 AC 单元的输出端与第二组的第一级 DC 转 AC 单元的输出端可以并联输出，也可以隔离输出，与前述实施例一中关于 DC 转 AC 单元组合的输出端情况类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合绝缘监测装置

(insulation monitoring device, IMD)。在另一些实施例中，第二级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合 IMD 设备。在另一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合第一 IMD 设备，第二级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合第二 IMD 设备。IMD 设备可以检测电源系统对地绝缘阻抗。当对地绝缘阻抗低于预设值时，优选的，本申请实施例可以断开第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元与变压器的绕组之间的耦合连接，使得整个系统停止不工作，进一步保证了系统运行的安全。

在本申请实施例中，电源 1、电源 2、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆中耦合有通信信号，用于实现电源 1、电源 2、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元之间的通信。该通信信号优选为 PLC 信号，与前述实施例关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

在本申请实施例中，第一级 DC 转 AC 单元的输出端连接的交流线缆上耦合通信信号，且该交流线缆还可以耦合其他设备。则第一级 DC 转 AC 单元可以通过该通信信号与交流线缆上的其他设备实现通信。当多组 DC 转 AC 单元组合并联，多个第一级 DC 转 AC 单元并联输出时，多个第一级 DC 转 AC 单元并联输出端可以通过相连的交流线缆上的通信信号与交流线缆上耦合的其他设备实现通信。上述的其他设备可以是使用交流电的交流设备。同理，第二级 DC 转 AC 单元的输出端通信情况类似，此处不再赘述。该通信信号优选为 PLC 信号，与前述实施例关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

图 11 为本申请实施例中电源系统带漏电流传感器的示意图。如图 11 所示，在一些实施例中，电源 1 的输出正端和输出负端可以耦合漏电流传感器，用于检测电源 1 输出端的漏电流值。该漏电流传感器可以嵌入电源 1 内部，也可以裸露在电源 1 的外部，本申请实施例对此不做限定。电源 2 的输出正端和输出负端可以耦合漏电流传感器，用于检测电源 2 输出端的漏电流值。该漏电流传感器可以嵌入电源 2 内部，也可以裸露在电源 2 的外部，本申请实施例对此不做限定。第一级 DC 转 AC 单元的输入正端和输入负端可以耦合漏电流传感器，用于检测第一级 DC 转 AC 单元输入端的漏电流。该漏电流传感器可以嵌入第一级 DC 转 AC 单元内部，也可以裸露在第一级 DC 转 AC 单元的外部，本申请实施例对此不做限定。第一级 DC 转 AC 单元的内部输出相线可以耦合漏电流传感器，用于检测第一级 DC 转 AC 单元输出端的漏电流。该漏电流传感器一般是设置在第一级 DC 转 AC 单元的内部。同理，第二级 DC 转 AC 单元的输入端和输出端也可以如第一级 DC 转 AC 单元一样设置漏电流传感器，此处不再赘述。当任意一个漏电流传感器检测到对应的漏电流值大于预设阈值时，该漏电流传感器可以发送信号至电源 1、电源 2、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元中的任意一个或任意多个或全部，然后电源 1、电源 2、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元中的任意一个或任意多个或全部可以向与其连接的上位机上报告警，也可以发出信号让电源系统停止工作，还可以作出其他应对措施，本申请实施例对此不做限定。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元输出端连接的内部输出相线串联至少一个开关，用于实现第一级 DC 转 AC 单元的输出快速关断。该开关可以为继电器或断路器或接触器，还可以是其他类型的开关，本申请实施例对此不做限定。同理第二级 DC 转 AC 单元输出端连接的内部输出相线也可以串联开关，与第一级 DC 转 AC 单元输出相线串联开关类似，此

处不再赘述。

在本申请实施例中，当电源 1 和电源 2 是光伏阵列时，该电源系统可以称为光伏发电系统。其他类型的电源系统，例如风力发电系统、储能系统、混合发电系统等，可以参考该光伏发电系统实施，本申请实施例对其他类型的电源系统不再赘述。以下就光伏发电系统进行详细的描述。

在光伏发电系统中，第一节点和第二节点仅需要其中一个节点耦合接地，即第一节点耦合接地或者第二节点耦合接地。在一些实施例中，第一节点和第二节点也可以都耦合接地。第一节点和/或第二节点耦合接地的方式，可以实现电源 1 和电源 2 输出功率或者输出电压不对称，或者第一级 DC 转 AC 单元和第二 DC 转 AC 单元输入功率或者输入电压不对称时，提供电流回路，实现电压均衡，保证系统正常工作，可以节省一根线缆成本和施工成本。

在光伏发电系统中，可以通过耦合电压源的方式消除 PID 现象。图 12a 为本申请实施例提供的带有电压源的电源系统的示意图一。第二级 DC 转 AC 单元的输出端对应变压器绕组的中性点与接地点之间耦合电压源，用于调节中性点对地的电位。当光伏发电系统正常并网工作时，通过电压源在三相 A/B/C 对地之间注入电压、电流，可以确保电源 1 和电源 2 输出负端对地电压等于 0，或者电源 1 和电源 2 输出正端对地电压等于 0，杜绝光伏阵列（电源 1 和电源 2）中的电池板产生 PID 现象。同时，本申请实施例可以通过调节电压使得电源 1 和电源 2 输出负端对地电压大于 0（针对输出负端 PV-对地电压小于 0 时，产生 PID 现象的电池板），或者电源 1 和电源 2 输出正端对地电压小于 0（针对输出正端 PV+对地电压大于 0 时，产生 PID 现象的电池板），实现电池板的 PID 修复功能，并同时保证电源 1 和电源 2 的输出正端、负端对地电压不超过电池板的最大应用系统电压，确保系统安全。在第一级 DC 转 AC 单元输出端对应变压器绕组中性点与接地点之间耦合电压源也可以调节电压，与前述第二级 DC 转 AC 单元输出端对应变压器绕组中性点与接地点之间耦合电压源的原理类似，此处不再赘述。

图 12b 为本申请实施例提供的带有电压源的电源系统的示意图二。该实施例在第二级 DC 转 AC 单元的输出侧外部相线与接地点之间耦合电压源，用于调节对应输出相线对地的电位。示例性的，当输出侧外部相线为 ABC 线，则电压源可以分别连接 ABC 三条线缆。当光伏发电系统正常并网工作时，通过电压源在三相 A/B/C 对地之间注入电压、电流，可以确保电源 1 和电源 2 输出负端对地电压等于 0，或者电源 1 和电源 2 输出正端对地电压等于 0，杜绝光伏阵列（电源 1 和电源 2）中的电池板产生 PID 现象。与前述第二级 DC 转 AC 单元输出端对应变压器绕组中性点与接地点之间耦合电压源的原理类似，此处不再赘述。在第一级 DC 转 AC 单元的输出侧外部相线与接地点之间耦合电压源的原理也类似，此处不再赘述。

图 12c 为本申请实施例提供的带有电压源的电源系统的示意图三。该实施例在第二级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线与接地点之间耦合电压源，用于调节对应输出相线对地的电位。当光伏发电系统正常并网工作时，通过电压源在三相 A/B/C 对地之间注入电压、电流，可以确保电源 1 和电源 2 输出负端对地电压等于 0，或者电源 1 和电源 2 输出正端对地

电压等于 0, 杜绝光伏阵列 (电源 1 和电源 2) 中的电池板产生 PID 现象。与前述第二级 DC 转 AC 单元输出端对应变压器绕组中性点与接地点之间耦合电压源的原理类似, 此处不再赘述。在第一级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线与接地点之间耦合电压源的原理也类似, 此处不再赘述。

在一些可能的实施例中, 上述的电压源也可以用补偿电源模块代替, 实现类似的功能, 此处不再赘述。

图 13 为本申请实施例中带有隔离单元电源系统的示意图。在光伏发电系统中, 第一级 DC 转 AC 单元内部还可以包括 AC 转 DC 隔离单元, 该隔离单元的输入端与第一级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线耦合, 隔离单元的第一输出端耦合接地, 第二输出端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端和/或输入负端耦合。该隔离单元可以用于调节第一电源和/或第二电源的输出对地电压。同理, 第二级 DC 转 AC 单元内部也可以包括 AC 转 DC 隔离单元。隔离单元的输入端可以与第二级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线耦合, 隔离单元的第一输出端耦合接地, 隔离单元的第二输出端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端和/或输入负端耦合, 用于调节第一电源和/或第二电源的输出对地电压, 以消除 PID 现象。

在一些情况中, 第一级 DC 转 AC 单元内部设有隔离单元, 第二级 DC 转 AC 单元内部没有隔离单元。在另一些情况中, 第一级 DC 转 AC 单元内部没有隔离单元, 第二级 DC 转 AC 单元内部设有隔离单元。在另一些情况中, 第一级 DC 转 AC 单元内部和第二级 DC 转 AC 单元内部均设有隔离单元。可以将第一级 DC 转 AC 单元内部的隔离单元称为第一 AC 转 DC 隔离单元, 将第二级 DC 转 AC 单元内部的隔离单元称为第二 AC 转 DC 隔离单元, 本申请实施例对此不做限定。

在一些实施例中, 在光伏发电系统中, 第一电源和第二电源为光伏阵列, 可以由光伏电池板的输出端串联优化器或关断器后串/并联构成的光伏阵列, 如图 3b 所示。在这种光伏系统中, 可以在优化器或关断器输出端相连的直流线缆上耦合通信信号, 则第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元可以通过该通信信号与优化器或关断器进行通信, 控制优化器或关断器, 实现优化器或关断器的快速关断。

在一些实施例中, 光伏发电系统还可以包括有汇流单元。图 14a 为本申请实施例中具有汇流单元的电源系统的示意图一。该光伏发电系统中包含两个汇流单元, 其中一个汇流单元为第一汇流单元, 另一个汇流单元为第二汇流单元。第一汇流单元的输入端与电源 1 的输出端耦合, 第一汇流单元的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合, 第一汇流单元的输出负端与第二汇流单元的输出正端耦合后与第二节点耦合, 第二汇流单元的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。在实际应用中, 第一汇流单元的输出正端连接的直流线缆可以称为正母线, 第一汇流单元的输出负端连接的直流线缆可以称为负母线, 第二汇流单元同理, 此处不再赘述。采用汇流单元的光伏发电系统可以连接更多的电源 1 和电源 2, 提高光伏发电效率。

图 14b 为本申请实施例中具有汇流单元的电源系统的示意图二。在一些实施例中, 光伏发电系统可以包括一个汇流单元。该汇流单元的输入端可以与电源 1 的输出端耦合, 也可以与电源 2 的输出端耦合。该汇流单元具有三个输出端, 第一输出端与第一级 DC 转 AC

单元的输入正端耦合，第二输出端与第二节点耦合，第三输出端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。可以理解的是，第一输出端、第二输出端、第三输出端只是比较宽泛的命名，在实际应用中，输出端还可以具有其他合适的命名，本申请实施例对此不做限定。并且，在实际应用中，汇流单元的第一输出端连接的直流线缆可以称为正母线，汇流单元第三输出端连接的直流线缆可以称为负母线。采用汇流单元的光伏发电系统可以连接更多的电源 1 和电源 2，提高光伏发电效率。

在一些实施例中，光伏发电系统还可以包括至少一个储能单元。电源 1、电源 2、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元相连的至少两根直流线缆与储能单元并联耦合。图 15a 为本申请实施例中包括储能单元的电源系统的示意图一。在本申请实施例中，电源 1 的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端通过第一根直流线缆耦合，第一节点和第二节点通过第二根直流线缆耦合，电源 2 的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端通过第三根直流线缆耦合。则储能单元与第一根直流线缆以及第二根直流线缆并联耦合。图 15b 为本申请实施例中包括储能单元的电源系统的示意图二。该储能单元与第一根直流线缆以及第三根直流线缆并联耦合。图 15c 为本申请实施例中包括储能单元的电源系统的示意图三。该储能单元与第二根直流线缆以及第三根直流线缆并联耦合。图 15d 为本申请实施例中包括储能单元的电源系统的示意图四。该储能单元与三根直流线缆并联耦合。本申请实施例提供的光伏系统通过储能单元可以实现能量的收集以及将能量提供给与该储能单元相连的装置。

在带有储能单元的实施例中，储能单元可以是能量存储单元，也可以包括直流变换单元和能量存储单元。与前述实施例一中关于储能单元的描述类似，此处不再赘述。

在带有储能单元的实施例中，储能单元可以通过直流线缆上耦合的通信信号与电源 1、电源 2、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元通信，与前述实施例一中关于储能单元的描述类似，此处不再赘述。

实施例三

图 16 为本申请实施例提供的电源系统的实施例三的示意图。该电源系统包括 N 个电源、N 个 DC 转 DC 单元以及 M 个 DC 转 AC 单元。其中，N 个电源包括电源 1、电源 2...电源 N。这些电源可以是光伏阵列、储能电源或者风力发电直流源等，与前述实施例一类似，此处不再赘述。M 个 DC 转 AC 单元包括 DC 转 AC 单元 1、DC 转 AC 单元 2...DC 转 AC 单元 M。这些 DC 转 AC 单元可以是能够实现直流转换为交流的装置，例如逆变器等，与前述实施例一类似，此处不再赘述。

图 17 为本申请实施例中 DC 转 DC 单元的示意图。在本申请实施例中，N 个 DC 转 DC 单元包括 DC 转 DC 单元 1、DC 转 DC 单元 2...DC 转 DC 单元 N。其中，每个 DC 转 DC 单元均如图 17 所示，可以配置有输入正端、输入负端、输出正端、输出负端。为方便描述，在本申请实施例中，除特殊说明或标注外，一般将 DC 转 DC 单元的左上方输入端称为输入正端，左下方输入端称为输入负端，右上方输出端称为输出正端，右下方输出端称为输出负端。可以理解的是，在本申请实施例中，DC 转 DC 单元可以是实现将直流转换为直流的装置，例如 DC/DC 转换器等，本申请实施例对此不做限定。

如图 16 所示, 电源 1 的输出端与 DC 转 DC 单元 1 的输入端耦合, 具体地, 电源 1 的输出正端与 DC 转 DC 单元 1 的输出正端耦合, 电源 1 的输出负端与 DC 转 DC 单元 1 的输出负端耦合。其他电源与 DC 转 DC 单元的耦合情况类似, 例如电源 2 的输出端与 DC 转 DC 单元 2 的输入端耦合, 此处不再赘述。

可以理解的是, 本申请实施例中的电源编号、DC 转 DC 单元编号和 DC 转 AC 单元编号是为了方便描述从而采用了从 1 到 N 或 M 的顺序编号, 并不代表实际顺序。在实际应用中, 可以根据实际情况对每个电源、DC 转 DC 单元以及 DC 转 AC 单元进行编号, 本申请实施例对此不做限定。

如图 16 所示, DC 转 DC 单元 1 的输出正端与 DC 转 AC 单元 1 的输入正端耦合, DC 转 DC 单元 N 的输出负端与 DC 转 AC 单元 M 的输入负端耦合。DC 转 DC 单元 1 的输出负端与 DC 转 DC 单元 2 的输出正端耦合且耦合节点称为第一节点, DC 转 DC 单元 2 的输出负端与 DC 转 DC 单元 3 的输出正端耦合且耦合节点称为第一节点……以此类推, 形成多个第一节点。DC 转 AC 单元 1 的输入负端与 DC 转 AC 单元 2 的输入正端耦合且耦合节点称为第二节点, DC 转 AC 单元 2 的输入负端与 DC 转 AC 单元 3 的输入正端耦合且耦合节点称为第二节点……以此类推, 形成多个第二节点。在本申请实施例中, DC 转 DC 单元的输出端级联, DC 转 AC 单元的输入端级联, 通过 DC 转 DC 单元输出端级联的方式, 提高输出电压, 降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流, 解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。示例性的, 每个 DC 转 DC 单元的最大输出电压为 X 伏, 则 N 个 DC 转 DC 单元级联后输出电压最大到 NX 伏, 在同等功率情况下, 电压变大, 输出电流变小, 选用的线缆的线径规格降低, 成本变低。

在本申请实施例中, 至少一个第一节点和至少一个第二节点耦合。示例性的, 在一些实施例中, 一个第一节点和一个第二节点耦合, 其他第一节点和其他第二节点不耦合。在另一些实施例中, 两个第一节点分别与两个第二节点耦合, 其他第一节点和其他第二节点不耦合。在另一些实施例中, 第一节点的数量与第二节点的数量相等, 每个第一节点与对应的第二节点耦合。在另一些实施例中, 第一节点的数量与第二节点的数量不相同, 每个第一节点与对应的第二节点耦合, 剩余的第一节点或剩余的第二节点不耦合。在实际应用中, 还可能采用其他耦合的方式, 本申请实施例对此不做限定。本申请实施例通过第一节点和第二节点的方式将 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元连接的线缆数量减少, 从而降低了电源系统的成本。

在本申请实施例中, 每个 DC 转 AC 单元的输出端之间输出隔离。示例性的, DC 转 AC 单元 1 的输出端与 DC 转 AC 单元 2 的输出端隔离, DC 转 AC 单元 2 的输出端与 DC 转 AC 单元 3 的输出端隔离。在实际应用中, 每个 DC 转 AC 单元的输出端耦合连接不同的绕组, 每个绕组可以输出三相电压或者单相电压。本申请实施例对此不做限定。本申请实施例通过 DC 转 AC 输入级联, 输出隔离, 降低功率转换器件规格。解决现有行业功率变换器件规格不够(绝缘栅双极型晶体管(insulated gate bipolar transistor, IGBT)通用最高 1700V), 成本高的问题, 并且可以选用较低规格断路器, 成本低。

在一些实施例中, 可以将图 16 中电源 1、电源 2…电源 N 一起视作一组电源组合, 将

DC 转 DC 单元 1、DC 转 DC 单元 2...DC 转 DC 单元 N 视作一组 DC 转 DC 单元组合，将 DC 转 AC 单元 1、DC 转 AC 单元 2...DC 转 AC 单元 M 视作一组 DC 转 AC 单元组合，则一个电源系统至少有一组电源组合、一组 DC 转 DC 单元组合以及一组 DC 转 AC 单元组合。当存在多组 DC 转 DC 单元组合和/或多组 DC 转 AC 单元组合时，至少两组 DC 转 DC 单元组合的同类输出端并联在一起，至少两组 DC 转 AC 单元的同类输入端并联在一起。并联后的同类输出端和并联后的同类输入端之间至少存在一个线缆耦合连接。同类输出端和同类输入端的含义与前述实施例一的描述类似，此处不再赘述。可以理解的是，DC 转 DC 单元 1、DC 转 DC 单元 2...DC 转 DC 单元 N 的输出端可以级联形成至少一个第一节点。DC 转 AC 单元 1、DC 转 AC 单元 2...DC 转 AC 单元 M 的输入端可以级联形成至少一个第二节点。至少一个第一节点与至少一个第二节点耦合，即是并联后的同类输出端和并联后的同类输入端之间至少存在一个线缆耦合连接。在本申请实施例中，若存在多组电源组合，则多组电源组合可以串/并联后接入 DC 转 DC 单元组合，这些电源的具体耦合连接方式本申请实施例不做限定。

在本申请实施例中，多组 DC 转 AC 单元组合的同类输出端可以并联耦合，也可以隔离输出，与前述实施例中图 5c 对应的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，电源与 DC 转 DC 单元之间相连的直流线缆上耦合通信信号，DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆上也耦合通信信号。优选地，该通信信号可以是 PLC 信号。与前述实施例一中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。在实际应用中，电源系统可以选用能够识别通信信号的电源、DC 转 DC 单元以及 DC 转 AC 单元，也可以改装电源、DC 转 DC 单元以及 DC 转 AC 单元使其能够识别通信信号，本申请实施例对此不做限定。

在一些实施例中，电源为由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成的光伏阵列，则当电源、DC 转 DC 单元、DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆上耦合通信信号时，该通信信号也经过优化器或者关断器，则电源、DC 转 DC 单元或 DC 转 AC 单元可以通过该通信信号控制优化器或者关断器的关断，实现快速关断。即电源、DC 转 DC 单元或 DC 转 AC 单元可以发出带有关断指令的通信信号至优化器或者关断器，当优化器或者关断器接收到带有关断指令的通信信号后，执行关断指令，实现快速关断。其中，通信信号的情况与前述实施例一中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，该电源系统还包括至少一个储能单元。该储能单元并联耦合于 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间相连的至少两根直流线缆。在本申请实施例中，DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆可以是 DC 转 DC 单元 1 的输出正端与 DC 转 AC 单元 1 的输入正端耦合的直流线缆，可以是 DC 转 DC 单元 N 的输出负端与 DC 转 AC 单元 M 的输入负端耦合的直流线缆，可以是第一节点和第二节点之间耦合的直流线缆。示例性的，DC 转 DC 单元 1 的输出正端与 DC 转 AC 单元 1 的输入正端耦合的直流线缆以及 DC 转 DC 单元 N 的输出负端与 DC 转 AC 单元 M 的输入负端耦合的直流线缆之间并联耦合该储能单元。或者，第一节点和第二节点之间耦合的三条直流线缆之间并联耦合有储能单元。可以理解的是，一个电源系统中包括的储能单元数量没有限定，即可以同时并联耦合多个储能单元，本申请实施例对此不做限定。

在包含储能单元的实施例中，储能单元可以是能量存储单元，也可以包括直流变换单元以及能量存储单元，还可以是其他能够存储能量的装置，与前述实施例一关于储能单元的描述类似，此处不再赘述。储能单元与 DC 转 DC 单元相连的直流线缆上耦合有通信信号，则储能单元可以与 DC 转 DC 单元实现通信。储能单元与 DC 转 AC 单元相连的直流线缆上耦合有通信信号，则储能单元可以与 DC 转 AC 单元实现通信。通信信号的情况以及实现通信的原理与前述实施例一中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

实施例四

图 18 为本申请实施例提供的电源系统的实施例四的示意图。该电源系统包括电源 1、电源 2、第一级 DC 转 DC 单元、第二级 DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元。其中，电源 1 和电源 2 可以是光伏阵列、储能电源或者风力发电直流源，与前述实施例一中的电源类似，此处不再赘述。第一级 DC 转 DC 单元、第二级 DC 转 DC 单元与前述实施例三中的 DC 转 DC 单元类似，此处不再赘述。第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元可以是能够实现直流转换为交流的装置，例如逆变器等，与前述实施例一中的 DC 转 AC 单元类似，此处不再赘述。

在本申请实施例中，电源 1 的输出端与第一级 DC 转 DC 单元的输入端耦合。示例性的，电源 1 的输出正端与第一级 DC 转 DC 单元的输入正端耦合，电源 1 的输出负端与第一级 DC 转 DC 单元的输入负端耦合。同理，电源 2 的输出端与第二级 DC 转 DC 单元的输入端耦合。如图 18 所示，在电源 1、电源 2、第一级 DC 转 DC 单元、第二级 DC 转 DC 单元的输入端、输出端的相应位置添加了标注“+”以及标注“-”，其中，标注“+”表示输出正端或输入正端，标注“-”表示输出负端或输入负端，本申请实施例中提供的其他附图中标注“+”以及标注“-”的含义类似，不再赘述。

在本申请实施例中，第一级 DC 转 DC 单元的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合，第二级 DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合，第一级 DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 DC 单元的输出正端耦合，第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合。因此，第一级 DC 转 DC 单元与第二级 DC 转 DC 单元的输出级联，第一级 DC 转 AC 单元与第二级 DC 转 AC 单元的输入级联。本申请实施例通过 DC 转 DC 单元输出端级联的方式，提高输出电压，降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。示例性的，第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元的最大输出电压 1500V，第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元的输出级联后，输出电压最大到 3KV，在同等功率情况下，电压变大，输出电流变小，选用的直流线缆的线径规格降低，成本变低。

在本申请实施例中，第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端输出隔离，连接不同的绕组，与前述实施例一中 DC 转 AC 单元输出隔离的情况类似，此处不再赘述。本申请实施例通过 DC 转 AC 输入级联，输出隔离，降低功率转换器件规格，现有行业功率变换器件规格不够（IGBT 通用最高 1700V），而本申请实施例提供的电源系统中可以选用 1500V 断路器，成本低，解决了现有行业功率变换器件规格不够的技术问题。

第一级 DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 DC 单元的输出正端耦合的节点称为第

一节点，第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合的节点称为第二节点。

图 19 为本申请实施例中电源系统的其中一个实施例的示意图。如图 19 所示，在一些实施例中，第一级 DC 转 DC 单元的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端通过第一导线耦合，第二级 DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端通过第二导线耦合。第一节点和第二节点之间通过第三导线进行耦合。可以理解的是，在本申请实施例中，第一导线、第二导线和第三导线都属于 DC 转 DC 单元（第一级 DC 转 DC 单元、第二级 DC 转 DC 单元）和 DC 转 AC 单元（第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元）之间相连的直流线缆。该线缆的材质、线径规格可以根据实际情况配置，本申请实施例对此不做限定。可以理解的是，现有技术中，第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元一共可以有 4 个输出端，因此连接 4 根线缆。而本申请实施例通过第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元级联以及第一节点和第二节点通过一根线缆耦合的方式，将 4 根线缆的现有技术方案改造成了仅需要 3 根线缆，因此可以节省一根线缆成本和施工成本。

在一些实施例中，第一导线、第二导线、第三导线构成分布式双母线（Distributed Double, DC），第一导线和第二导线构成正母线，第二导线和第三导线构成负母线。第三导线为分布式双母线的中线 Middle Cable。第一导线、第二导线、第三导线为直流导线，为 3D 技术（three direct-Cable），通过三根线缆构建直流母线，第一导线和第二导线构建正母线，第二导线和第三导线构建负母线。

并且，由于第一节点是第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元级联的中点，且第二节点是第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元级联的中点，因此可以实现第三导线上的电流值小于或等于第一导线上的电流值。当第三导线上的电流值小于或等于第一导线上的电流值时，第三导线的线径规格可以降低，从而降低第三导线的成本。在另一种可能的情况中，类似地，第三导线上的电流值小于或等于第二导线上的电流值。因此，当第三导线上的电流值小于或等于第二导线上的电流值时，第三导线的线径规格可以降低，从而降低第三导线的线缆成本。当然，第三导线的电流值也可以同时小于第一导线的电流值和小于第二导线的电流值，同样可以降低第三导线的线径规格，降低第三导线的线缆成本。

图 20 为本申请实施例提供的电源系统的另一个实施例示意图。如图 20 所示，在一些实施例中，第一节点和第二节点同时耦合接地。本申请实施例通过第一节点和第二节点同时耦合接地的方式，实现第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元输出功率或者输出电压不对称，或者第一级 DC 转 AC 单元和第二 DC 转 AC 单元输入功率或者输入电压不对称时，提供电流回路，实现电压均衡，保证系统正常工作。并且，第一节点和第二节点之间不需要线缆连接，因此可以节省一根线缆成本和施工成本。

第一节点和第二节点不耦合连接的情况下，考虑电源不一致性的影响。例如，由于光照不同，在光伏发电系统中，电源 1 的输出电压可能大于电源 2 的输出电压，那么第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元的输出电压也不相等。即有可能导致第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元输出的电压和/或功率不对称，导致输出功率出现短板效应。因此，第一节点和第二节点不耦合连接的情况下，该电源系统可以配置均衡电路以防止第一

级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元输出的电压和/或功率不对称。以下提供多种均衡电路，在实际应用中，还可能存在其他均衡电路，本申请实施例对此不做限定。

图 21 为本申请实施例中包含第一均衡电路单元的电源系统示意图。在一些实施例中，电源系统还包括第一均衡电路单元。该第一均衡电路单元配置有第一接口、第二接口和第三接口，第一接口与第二节点耦合；第二接口与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；第三接口与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。该第一均衡电路单元可以平衡所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输入电压和/或功率和/或电流。该第一均衡电路单元的工作原理为：第一均衡电路单元通过第一接口和第二接口从第一级 DC 转 AC 单元的输入端获取能量，通过第一接口和第三接口补偿给第二级 DC 转 AC 单元；或者第一均衡电路单元通过第一接口和第三接口从第二级 DC 转 AC 单元输入端获取能量，通过第一接口和第二接口补偿给从第一级 DC 转 AC 单元。

在一种可能的实施例中，第一均衡电路单元可以包含四个接口，即第一均衡电路单元还配置有第四接口。第四接口与第一节点耦合连接。如图 21 所示，虚线表示在可能的实施例中，第四接口与第一节点耦合连接。当采用包含四个接口的第一均衡电路进行能量补偿时，第一均衡电路还可以补偿第一级 DC 转 DC 单元以及第二级 DC 转 DC 单元的能量，即平衡调节对应的电压和/或功率和/或电流。

图 22a 为本申请实施例中包含第二均衡电路单元电源系统示意图一。在一种情况下，该第二均衡电路单元配置有第五接口、第六接口。第五接口与第二节点耦合；第六接口与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合。第二均衡电路单元的工作原理与第一均衡电路单元的工作原理类似。具体地，第二均衡电路单元可以将第一级 DC 转 AC 单元的能量补偿给第二级 DC 转 AC 单元，或者将第二级 DC 转 AC 单元的能量补偿给第一级 DC 转 AC 单元。因此，第二均衡电路单元可以用于平衡第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输入电压和/或功率和/或电流。图 22b 为本申请实施例中包含第二均衡电路单元电源系统示意图二。在另一种情况下，该第二均衡电路单元配置有第五接口、第六接口。第五接口与第二节点耦合；第六接口与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。该第二均衡电路单元可以用于平衡第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输入电压和/或功率和/或电流，与图 22a 对应的第二均衡电路单元类似，此处不再赘述。

图 23 为本申请实施例中包含第三均衡电路单元的电源系统示意图。该第三均衡电路单元配置有第七接口，第八接口和第九接口；第七接口与第一节点耦合；第八接口与第一级 DC 转 DC 单元的输出正端耦合；第九接口与第二级 DC 转 DC 单元的输出负端耦合。第三均衡电路单元的工作原理与第一均衡电路单元的工作原理类似。具体地，第三均衡电路单元可以将第一级 DC 转 DC 单元输出的能量补偿给第二级 DC 转 DC 单元，或者将第二级 DC 转 DC 单元输出的能量补偿给第一级 DC 转 DC 单元。因此，第三均衡电路单元可以用于平衡第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元的输出电压和/或功率和/或电流。

在一种可能的实施例中，第三均衡电路单元可以包含四个接口，即第三均衡电路单元还配置有第十接口。第十接口与第二节点耦合连接。如图 21 所示，虚线表示在可能的实施例中，第十接口与第二节点耦合连接。当采用包含四个接口的第三均衡电路进行能量补偿

时，第三均衡电路单元还可以补偿第一级 DC 转 AC 单元以及第二级 DC 转 AC 单元的能量，即平衡调节对应的电压和/或功率和/或电流。

图 24a 为本申请实施例中包含第四均衡电路单元电源系统示意图一。在一种情况下，该第四均衡电路单元配置有第十一接口、第十二接口。第十一接口与第一节点耦合；第十二接口与第一级 DC 转 DC 单元的输入正端耦合。第四均衡电路单元的工作原理与第二均衡电路单元的工作原理类似。具体地，第四均衡电路单元可以将第一级 DC 转 DC 单元的能量补偿给第二级 DC 转 DC 单元，或者将第二级 DC 转 DC 单元的能量补偿给第一级 DC 转 DC 单元。因此，第四均衡电路单元可以用于平衡第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元的输入电压和/或功率和/或电流。图 24b 为本申请实施例中包含第四均衡电路单元电源系统示意图二。在另一种情况下，该第四均衡电路单元配置有第十一接口、第十二接口。第十一接口与第一节点耦合；第十二接口与第二级 DC 转 DC 单元的输入负端耦合。该第二均衡电路单元可以用于平衡第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元的输入电压和/或功率和/或电流，与图 24a 对应的第四均衡电路单元类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合不同的变压器；或第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合同一变压器的不同绕组，实现输出隔离。

在一些实施例中，第一级 DC 转 DC 单元和第二级 DC 转 DC 单元视作一组 DC 转 DC 单元组合。图 25 为本申请实施例中多组 DC 转 DC 单元组合并联的示意图。如图 25 所示当多组 DC 转 DC 单元组合并联时，不同组的 DC 转 DC 单元对应的同类输出端并联，例如，第一组 DC 转 DC 单元组合的第一级 DC 转 DC 单元的输出正端与第二组 DC 转 DC 单元组合的第一级 DC 转 DC 单元的输出正端耦合。同类输出端的含义与前述实施例二的描述类似，此处不再赘述。多组 DC 转 AC 单元组合并联与前述实施例二的描述类似，此处不再赘述。可以理解的是，多组 DC 转 AC 单元组合的同类输出端可以并联耦合输出，也可以隔离输出，与前述实施例二的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合绝缘监测装置 (insulation monitoring device, IMD)。图 26 为本申请实施例中设置有 IMD 设备的电源系统示意图。在另一些实施例中，第二级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合 IMD 设备。在另一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合第一 IMD 设备，第二级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合第二 IMD 设备。IMD 设备可以检测电源系统对地绝缘阻抗。当对地绝缘阻抗低于预设值时，优选的，本申请实施例可以断开第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元与变压器的绕组之间的耦合连接，使得整个系统停止不工作，进一步保证了系统运行的安全。

在本申请实施例中，电源 1、电源 2、第一级 DC 转 DC 单元、第二级 DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆中耦合有通信信号，用于实现电源 1、电源 2、第一级 DC 转 DC 单元、第二级 DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元之间的通信。该通信信号优选为 PLC 信号，与前述实施例关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

在本申请实施例中，第一级 DC 转 AC 单元的输出端连接的交流线缆上耦合通信信号，且该交流线缆还可以耦合其他设备。则第一级 DC 转 AC 单元可以通过该通信信号与交流线缆上的其他设备实现通信。当多组 DC 转 AC 单元组合并联，多个第一级 DC 转 AC 单元并联输出时，多个第一级 DC 转 AC 单元并联输出端可以通过相连的交流线缆上的通信信号与交流线缆上耦合的其他设备实现通信。上述的其他设备可以是使用交流电的交流设备。同理，第二级 DC 转 AC 单元的输出端通信情况类似，此处不再赘述。该通信信号优选为 PLC 信号，与前述实施例关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，本申请实施例提供的电源系统还可以配置漏电流传感器。漏电流传感器可以配置在电源 1 的输出端、电源 2 的输出端、第一级 DC 转 DC 单元的输入端输出端、第二级 DC 转 DC 单元的输入端输出端、第一级 DC 转 AC 单元的输入端输出端、第二级 DC 转 AC 单元的输入端输出端。其中，漏电流传感器配置在电源 1 的输出端、电源 2 的输出端、第一级 DC 转 AC 单元的输入端输出端、第二级 DC 转 AC 单元的输入端输出端的情况与前述图 11 对应的实施例类似，此处不再赘述。漏电流传感器配置在第一级 DC 转 DC 单元的输入端输出端、第二级 DC 转 DC 单元的输入端输出端的情况如图 27 所示。图 27 为本申请实施例中配置有漏电流传感器的电源系统示意图。可见，漏电流传感器可以配置在第一级 DC 转 DC 单元的输入端输出端、第二级 DC 转 DC 单元的输入端输出端。需要说明的是，漏电流传感器配置在第一级 DC 转 DC 单元的输出端以及第二级 DC 转 DC 单元的输出端时，可以耦合在第一节点对应的直流线缆。当第一节点和第二节点耦合接地时，漏电流传感器可以接在接地线上，从而实现漏电流检测的功能。在实际应用中，可以如图 27 一样配置三个漏电流传感器，也可以选择其中一个或多个进行配置，本申请实施例对此不做限定。当任意一个漏电流传感器检测到对应的漏电流值大于预设阈值时，该漏电流传感器可以发送信号至电源 1、电源 2、第一级 DC 转 DC 单元、第二级 DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元中的任意一个或任意多个或全部，然后电源 1、电源 2、第一级 DC 转 DC 单元、第二级 DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元中的任意一个或任意多个或全部可以向与其连接的上位机上报告警，也可以发出信号让电源系统停止工作，还可以作出其他应对措施，本申请实施例对此不做限定。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元输出端连接的内部输出相线串联至少一个开关，用于实现第一级 DC 转 AC 单元的输出快速关断。该开关可以为继电器或断路器或接触器，还可以是其他类型的开关，本申请实施例对此不做限定。同理第二级 DC 转 AC 单元输出端连接的内部输出相线也可以串联开关，与第一级 DC 转 AC 单元输出相线串联开关类似，此处不再赘述。

在本申请实施例中，当电源 1 和电源 2 是光伏阵列时，该电源系统可以称为光伏发电系统。在本申请实施例中，可以将电源 1 称为第一光伏阵列，电源 2 称为第二光伏阵列，在实际应用中，还可以采用其他命名，本申请实施例对此不做限定。其他类型的电源系统，例如风力发电系统、储能系统、混合发电系统等，可以参考该光伏发电系统实施，本申请实施例对其他类型的电源系统不再赘述。以下就光伏发电系统进行详细的描述。

在光伏发电系统中，第一节点和第二节点仅需要其中一个节点耦合接地，即第一节点

耦合接地或者第二节点耦合接地。在一些实施例中，第一节点和第二节点也可以都耦合接地。第一节点和/或第二节点耦合接地的方式，可以实现第一级 DC 转 DC 单元和第二 DC 转 DC 单元输出功率或者输出电压不对称，或者第一级 DC 转 AC 单元和第二 DC 转 AC 单元输入功率或者输入电压不对称时，提供电流回路，实现电压均衡，保证系统正常工作，可以节省一根线缆成本和施工成本。

光伏发电系统中，如图 18 所示，优选的，第一级 DC 转 DC 单元的输入负端与输出负端直接耦合连接，或只有小电压降的连接。其中，只有小电压降的连接是指连接的两端的电压降较小，可以是耦合有保险丝导致的电压下降，还可以是其他情况导致的电压下降，本申请实施例对此不做限定。同理，第二级 DC 转 DC 单元的输入负端与输出正端直接耦合连接，或只有小电压降的连接。图 18 对应的实施例实现第一光伏阵列（电源 1）和第二光伏阵列（电源 2）输出负极等电位。正常情况下，整个系统对地阻抗分布呈现对称分布，系统正常并网工作时，第一节点、第二节点和地为等电位，此时第一光伏阵列、第二光伏阵列电池板 PV-对地电压在 0V 附近，从而消除电池板 PV-对地的负偏置电压，杜绝了电池板 PID 现象（针对 PV-对地有负电压，产生 PID 现象的电池板）的产生。

图 28 为本申请实施例中光伏发电系统的一种示意图。其中，优选的，第一级 DC 转 DC 单元的输入正端与输出负端直接耦合连接，或只有小电压降的连接。第二级 DC 转 DC 单元的输入正端与输出正端直接耦合连接，或只有小电压降的连接。只有小电压降的连接的含义与前述图 18 对应的实施例描述类似，指连接的两端的电压降较小，此处不再赘述。本申请实施例采用不同的直通/只有小电压降的连接的方式，可以实现第二光伏阵列输出正极和第一光伏阵列输出正极等电位。正常情况下，整个系统对地阻抗分布呈现对称分布，系统正常并网工作时，第一节点、第二节点和地为等电位，此时第一光伏阵列、第二光伏阵列电池板输出 PV+对地电压在 0V 附近，从而消除电池板 PV+对地的正偏置电压，杜绝了电池板 PID 现象（针对 PV+对地有正电压，产生 PID 现象的电池板）的产生。同理，第一光伏阵列和第二光伏阵列输出共负端时，也能达到同样效果。

在光伏发电系统中，本申请实施例还可以通过耦合电压源的方式消除 PID 现象。在一些实施例中，第二级 DC 转 AC 单元的输出端对应变压器绕组的中性点与接地点之间耦合电压源，用于调节中性点对地的电位。当光伏发电系统正常并网工作时，通过电压源在三相 A/B/C 对地之间注入电压、电流，可以确保第一光伏阵列和第二光伏阵列输出负端对地电压等于 0，或者第一光伏阵列和第二光伏阵列输出正端对地电压等于 0，杜绝光伏阵列（第一光伏阵列和第二光伏阵列）中的电池板产生 PID 现象。同时，本申请实施例可以通过调节电压使得第一光伏阵列和第二光伏阵列输出负端对地电压大于 0（针对输出负端 PV-对地有负电压，产生 PID 现象的电池板），或者第一光伏阵列和第二光伏阵列输出正端对地电压小于 0（针对输出正端 PV+对地有正电压，产生 PID 现象的电池板），实现电池板的 PID 修复功能，并同时保证第一光伏阵列和第二光伏阵列的输出正端、负端对地电压不超过电池板的最大应用系统电压，确保系统安全。在第一级 DC 转 AC 单元输出端对应变压器绕组中性点与接地点之间耦合电压源也可以调节电压，与前述第二级 DC 转 AC 单元输出端对应变压器绕组中性点与接地点之间耦合电压源的原理类似，此处不再赘述。

在光伏发电系统中，在一些实施例中，可以在第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元的输出侧外部相线与接地点之间耦合电压源，用于调节对应输出相线对地的电位，消除 PID 现象。与前述图 12b 对应的实施例的原理类似，此处不再赘述。

在光伏发电系统中，在一些实施例中，可以在第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线与接地点之间耦合电压源，用于调节对应输出相线对地的电位，消除 PID 现象。与前述图 12c 对应的实施例的原理类似，此处不再赘述。

图 29 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图。在一些实施例中，光伏发电系统中，第一级 DC 转 AC 单元或第二级 DC 转 AC 单元的输出端对应变压器绕组的中性点耦合接地或通过限流装置耦合接地，用于使得中性点对地电压接近或等于 0V，以消除 PID 现象。如图 29 所示，第二级 DC 转 AC 单元的输出端对应变压器绕组为第二绕组，第二绕组为三相四线制（ABCN）的双分裂变压器，一般 N 线与变压器中性点相连接地，则该第二绕组的 N 线耦合接地或通过限流装置耦合接地。在系统并网正常工作时，第二级 DC 转 AC 单元的输入正极（第二节点）电位高于地电位，实现第二光伏阵列输出负极和第一光伏阵列输出负端对地电压 $\geq 0V$ ；实现电池板的 PID 抑制与修复功能。同理，针对图 28，第一光伏阵列和第二光伏阵列正输出端耦合在一起的应用，在第一级 DC 转 AC 单元输出端对应的变压器绕组（第一绕组）的 N 线耦合接地或通过限流装置耦合接地，实现第一级 DC 转 AC 单元输入负端电位低于地电位，此时，第一光伏阵列和第二光伏阵列正输出端电位和第二节点等电位，小于地电位，即 $\leq 0V$ 。从而消除电池板 PV+ 对地的正偏置电压，杜绝了电池板 PID 现象（针对 PV+ 对地有正电压，产生 PID 现象的电池板）的产生。在另一方面，本申请实施例可以通过 DC 转 DC 单元的最大功率点跟踪（maximum power point tracking, MPPT）功能实现光伏阵列输入电压控制，使输入电压加上光伏阵列负极对地电压不超过电池板的最大应用系统电压，确保系统运行安全。

图 30 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图。在一些实施例中，当第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合同一变压器的不同绕组时，第一级 DC 转 AC 单元输出端对应绕组的中性点和第二级 DC 转 AC 单元输出端对应绕组的中性点通过两个串联电阻或者限流装置耦合相连，且两个串联电阻或者两个限流装置的中点耦合接地。如图 30 所示，第一绕组和第二绕组的 N 线通过两个串联电阻或者限流装置耦合相连，并且该两个串联电阻或者两个限流装置的中点耦合接地。系统正常并网工作时，实现第一节点、第二节点、地三者之间等电位。针对图 28 对应的实施例，可以实现第二光伏阵列输出正极和第一光伏阵列输出正极和地等电位，从而杜绝光伏阵列 PID 现象的产生；针对图 29 实例，可以实现第二光伏阵列输出负极和第一光伏阵列输出负极和地等电位，从而杜绝光伏阵列 PID 现象的产生。

在光伏发电系统中，在一些实施例中，该光伏发电系统还包括隔离单元。隔离单元又称为 AC 转 DC 隔离单元，可以设置在第一级 DC 转 AC 单元内部，该隔离单元的输入端与第一级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线耦合获取能量，隔离单元的第一输出端耦合接地，第二输出端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端和/或输入负端耦合。该隔离单元可以用于调节第一电源和/或第二电源的输出对地电压，以消除 PID 现象。隔离单元还可以设置在第二级

DC 转 AC 单元的内部，则隔离单元的输入端可以与第二级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线耦合，隔离单元的第一输出端耦合接地，隔离单元的第二输出端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端和/或输入负端耦合，用于调节第一电源和/或第二电源的输出对地电压，以消除 PID 现象。具体与前述图 13 对应的实施例类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，在光伏发电系统中，第一光伏阵列和第二光伏阵列可以是由光伏电池板的输出端串联优化器或关断器后串/并联构成的光伏阵列，且在优化器或关断器输出端相连的直流线缆上耦合通信信号，则第一级 DC 转 DC 单元和/或第二级 DC 转 DC 单元和/或第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元可以通过该通信信号与优化器或关断器进行通信，控制优化器或关断器，实现优化器或关断器的快速关断。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元、第一级 DC 转 DC 单元、第二级 DC 转 DC 单元之间的直流线缆上耦合通信信号。第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元通过该通信信号控制第一级 DC 转 DC 单元和/或第二级 DC 转 DC 单元，用于实现第一级 DC 转 DC 单元和/或第二级 DC 转 DC 单元的输入端快速关断。

在一些实施例中，光伏发电系统还包括至少一个储能单元。第一级 DC 转 DC 单元、第二级 DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元相连的至少两根直流线缆与储能单元并联耦合。具体与前述实施例三中的储能单元类似，此处不再赘述。

在包含储能单元的实施例中，储能单元可以是能量存储单元，也可以包括直流变换单元以及能量存储单元，还可以是其他能够存储能量的装置，与前述实施例一关于储能单元的描述类似，此处不再赘述。储能单元与 DC 转 DC 单元相连的直流线缆上耦合有通信信号，则储能单元可以与 DC 转 DC 单元实现通信。储能单元与 DC 转 AC 单元相连的直流线缆上耦合有通信信号，则储能单元可以与 DC 转 AC 单元实现通信。通信信号的情况以及实现通信的原理与前述实施例一中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

图 31 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图。在一些实施例中，第一光伏阵列的输出负端与第二光伏阵列的输出负端耦合为第一耦合点，第一级 DC 转 DC 单元的输入负端与第二级 DC 转 DC 单元的输入负端耦合为第二耦合点，第一耦合点与第二耦合点之间通过一根线缆连接。这种实施方式可以通过一根线缆连接到第一耦合点和第二耦合点，从而节省了线缆，降低了成本。在另一些实施例中，第一耦合点和第二耦合点可以分别接地，实现功率通流，可以进一步降低线缆数量，降低系统成本。同理，如图 28 的光伏发电系统中第一光伏阵列和第二光伏阵列输出的正端耦合连接，第一 DC 转 DC 单元和第二 DC 转 DC 单元输入的正端耦合连接，再将这两个耦合点通过一根线缆，或者两端接地，实现功率通流。

图 32a 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图。在一些实施例中，光伏发电系统还包括汇流单元，该汇流单元包括至少三个输入端，分别连接第一级 DC 转 DC 单元的输出正端、第一节点和第二级 DC 转 DC 单元的输出负端。在实际应用中，汇流单元还可以包含更多输入端，以连接更多的第一级 DC 转 DC 单元以及第二级 DC 转 DC 单元。可以理解的是，第一级 DC 转 DC 单元耦合连接有第一光伏阵列，第二级 DC 转 DC 单元耦合连接有第二光伏阵列。该汇流单元的输出端连接第一级 DC 转 AC 单元的输入正端、第二节点以及第

二级 DC 转 AC 单元的输入负端。本申请实施例通过在 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间耦合汇流单元，使得光伏发电系统可以耦合连接更多的第一光伏阵列、第二光伏阵列，便于光伏发电系统的规模扩大。在另一种可能的实施例中，汇流单元可以设置三个母排，包括第一母排、第二母排和第三母排。第一母排耦合连接第一级 DC 转 DC 单元的输出正端，第二母排耦合连接第一节点，第三母排耦合连接第二级 DC 转 DC 单元的输出负端。在另一方面。第一母排耦合连接第一级 DC 转 AC 单元的输入正端，第二母排耦合连接第二节点，第三母排耦合连接第二级 DC 转 AC 单元的输入负端。图 32b 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图。如图 32b 所示，当光伏发电系统中包含多个第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元时，光伏发电系统也可以将多个第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元耦合连接到上述三个母排，通过汇流单元进行汇流，本申请实施例对此不做限定。

图 33 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图。在一些实施例中，第二级 DC 转 DC 单元可以用汇流单元代替。第二光伏阵列输出通过汇流单元实现。其次，第一节点和第二节点没有连接时，系统正常并网工作时，第一级 DC 转 AC 单元以及第二级 DC 转 AC 单元的输入电压，由第一级 DC 转 AC 单元以及第二级 DC 转 AC 单元输出电压、功率决定。此时第一级 DC 转 DC 单元本身的控制其输出电压和电流，即可以调整第二光伏阵列输出的电压和电流，实现第二光伏阵列 MPPT 的跟踪。

图 34 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图。在一些实施例中，第二级 DC 转 DC 单元可以用汇流单元代替，并且，第一节点和第二节点分别耦合接地。第二光伏阵列输出通过汇流单元实现汇流，汇流后再与第一级 DC 转 DC 单元输出端串联耦合，耦合节点为第一节点，第一节点和第二节点通过接地耦合的方式，实现功率连接。

图 35 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图。在一些实施例中，同理，第一级 DC 转 DC 单元也可以用汇流单元代替，原理与前述第二级 DC 转 DC 单元用汇流单元代替类似，此处不再赘述。在本申请实施例中，第一节点和第二节点可以耦合连接后接地。在一些实施例，汇流单元和第二级 DC 转 DC 单元可以作为同一整体，本申请实施例对此不作限定。

图 36 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图。在该实施例中，第二级 DC 转 DC 单元可以用汇流单元代替。并且，该光伏发电系统设置有均衡电路。当第一光阵列和第二光伏阵列输出功率和/或输出电压不对称的情况下，用于平衡第一光阵列和第二光伏阵列输出功率和/或电压，实现第一光阵列和第二光伏阵列输出功率最大化的应用。其中均衡电路包含第一接口，第二接口，第三接口。第一接口和第一节点（汇流单元输出负端与第一级 DC 转 DC 单元输出正端的耦合点）耦合相连，第二接口与汇流单元的输出正端耦合相连，第三接口与第一级 DC 转 DC 单元输出负端耦合相连。均衡电路工作原理为：均衡电路单元通过第二接口和第三接口获取能量，补偿给输出功率和/或电压低的第一光伏阵列或者第一级 DC 转 DC 单元；或者均衡电路通过第一接口和第二接口从第二光伏阵列获取能量，通过第一接口和第三接口补偿给第一级 DC 转 DC 单元；或者均衡电路单元通过第一接口和第三接口从第一级 DC 转 DC 单元获取能量，通过第一接口和第二接口补偿给第二光伏阵列。在一些实施例中，均衡电路单元还可以包含第四接口，第四接口和第二节点耦合相连。具体

与前述图 23 对应的实施例中第三均衡电路单元类似，此处不再赘述。

图 37 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种示意图。在一些实施例中，第一级 DC 转 DC 单元具体为 BOOST DC/DC 单元，第二级 DC 转 DC 单元具体为 BUCK-BOOST DC/DC 单元，BOOST DC/DC 单元和 BUCK-BOOST DC/DC 单元构成一个 MPPT 汇流箱。在本申请实施例中，BOOST DC/DC 单元输入的负极和输出的负极直通。其输入的正极接第一光伏阵列输出的正级，其输入的负极接第一光伏阵列输出的负级。BUCK-BOOST DC/DC 单元输入的正极直通。其输入的正极接第二光伏阵列输出的正级，其输入的负极接第二光伏阵列输出的负级。在一些实施例中，光伏发电系统包括多个第一级 DC 转 DC 单元和多个第二级 DC 转 DC 单元。则所有第一级 DC 转 DC 单元输出负端和所有第二级 DC 转 DC 单元输出正端相连构成 MPPT 汇流箱第三输出端。所有第一级 DC 转 DC 单元输出的正级构成 MPPT 汇流箱第一输出端，所有第二级 DC 转 DC 单元输出的负级构成 MPPT 汇流箱第二输出端。

图 37 中，第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元构成一个逆变器。当光伏发电系统具有多个逆变器时，所有第一级 DC 转 AC 单元输入的负极和所有第二 DC 转 AC 单元输入的正极相连构成逆变器第三输入端，所有第一级 DC 转 AC 单元输入的正极构成逆变器第一输入端，所有第二级 DC 转 AC 单元输入的负极相连构成逆变器第三输入端，所有第一级 DC 转 AC 单元输出端构成逆变器的第一输出端，所有第二级 DC 转 AC 单元输出端构成逆变器的第二输出端。

图 37 中，MPPT 汇流箱第一输出端和逆变器的第一输入端耦合相连，MPPT 汇流箱第二输出端和逆变器的第二输入端耦合相连，MPPT 汇流箱第三输出端和逆变器的第三输入端耦合相连，逆变器的第一输出和第二输出端分别接双分裂变压第一绕组和第二绕组。针对抑制光伏电池板 PID 现场的产生，可以采用前述实施用例相同的实施方式，如设置隔离单元、电压源等。针对 DC 转 DC 单元输出端耦合方式、DC 转 AC 单元输入端耦合方式、以及 DC 转 DC 单元输出端和 DC 转 AC 单元输入端耦合方式，均可以采用上述实施用例相同的实施方式，此处不再赘述。

实施例五

图 38 为本申请实施例提供的电源系统的实施例五的示意图。该电源系统包括电源、DC 转 DC 单元以及 N 个 DC 转 AC 单元。其中，电源的输出端与 DC 转 DC 单元的输入端耦合，且电源可以为光伏阵列、储能电源或者风力发电直流源等，与前述实施例三中的电源类似，此处不再赘述。该 DC 转 DC 单元的输出端包括输出正端、输出负端以及第三输出端，DC 转 DC 单元的输出正端与第一个 DC 转 AC 单元的输入正端耦合，该 DC 转 DC 单元的输出负端与第 N 个 DC 转 AC 单元的输入负端耦合，至少一个该 DC 转 DC 单元的第三输出端与至少一个第一节点耦合。其中，第一节点为第 n 个 DC 转 AC 单元的输入负端与第 n+1 个 DC 转 AC 单元的输入正端串联耦合形成第一节点，n 为大于 0 且小于 N 的整数，即 DC 转 AC 单元 1 的输入负端与 DC 转 AC 单元 2 的输入正端串联耦合形成第一节点，DC 转 AC 单元 2 的输入负端与 DC 转 AC 单元 3 的输入正端串联耦合形成第一节点……以此类推。与前述实施例三中的 DC 转 AC 单元类似，此处不再赘述。

在本申请实施例中，DC 转 DC 单元可以是实现将直流转换为直流的装置，例如 DC/DC

转换器等。DC 转 DC 单元的输入端可以连接一个电源，也可以连接多个电源，本申请实施例对此不做限定。DC 转 DC 单元的输入端与电源的耦合方式一般是电源的输出正端与 DC 转 DC 单元的输入正端耦合，电源的输出负端与 DC 转 DC 单元的输入负端耦合，本申请实施例对此不再赘述。

在本申请实施例中，DC 转 AC 单元的输入端级联，降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。当 DC 转 DC 单元接入多个电源时，可以提高输出电压，从而降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。

在本申请实施例中，至少一个该 DC 转 DC 单元的第三输出端与至少一个第一节点耦合。示例性的，在一些实施例中，一个第三输出端和一个第一节点耦合，其他第三输出端和其他第一节点不耦合。在另一些实施例中，两个第三输出端分别与两个第一节点耦合，其他第三输出端和其他第一节点不耦合。在另一些实施例中，第三输出端的数量与第一节点的数量相等，每个第三输出端与对应的第一节点耦合。在另一些实施例中，第三输出端的数量与第一节点的数量不相同，每个第三输出端与对应的第一节点耦合，剩余的第三输出端或剩余的第一节点不耦合。在实际应用中，还可能采用其他耦合的方式，本申请实施例对此不做限定。本申请实施例通过第三输出端和第一节点的方式将 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元连接的线缆数量减少，从而降低了电源系统的成本。

在本申请实施例中，每个 DC 转 AC 单元的输出端之间输出隔离。示例性的，DC 转 AC 单元 1 的输出端与 DC 转 AC 单元 2 的输出端隔离，DC 转 AC 单元 2 的输出端与 DC 转 AC 单元 3 的输出端隔离。在实际应用中，每个 DC 转 AC 单元的输出端耦合连接不同的绕组，每个绕组可以输出三相电压或者单相电压。本申请实施例对此不做限定。本申请实施例通过 DC 转 AC 输入级联，输出隔离，降低功率转换器件规格。解决现有行业功率变换器件规格不够 (insulated gate bipolar transistor, IGBT 通用最高 1700V)，成本高的问题，并且可以选用较低规格断路器，成本低。

在一些实施例中，将 DC 转 AC 单元 1、DC 转 AC 单元 2...DC 转 AC 单元 M 视作一组 DC 转 AC 单元组合，则一个电源系统至少包括一个电源，一个 DC 转 DC 单元，一组 DC 转 AC 单元组合。当存在多个电源和/或多个 DC 转 DC 单元和/或多组 DC 转 AC 单元组合时，多个电源串并联后的输出端连接一个 DC 转 DC 单元的输入端，或者分别连接多个不同的 DC 转 DC 单元的输入端。多个 DC 转 DC 单元的同类输出端并联耦合，至少两组 DC 转 AC 单元组合的同类输入端并联在一起。至少一个并联后的第三输出端与至少一个并联后的第一节点耦合。在本申请实施例中，多组 DC 转 AC 单元组合的同类输出端可以并联耦合，也可以隔离输出，与前述实施例中图 5c 对应的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，电源与 DC 转 DC 单元之间相连的直流线缆上耦合通信信号，DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆上也耦合通信信号。优选地，该通信信号可以是 PLC 信号。与前述实施例一中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。在实际应用中，电源系统可以选用能够识别通信信号的电源、DC 转 DC 单元以及 DC 转 AC 单元，也可以改装电源、DC 转 DC 单元以及 DC 转 AC 单元使其能够识别通信信号，本申请实施例对此不做

限定。

在一些实施例中，电源为由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成的光伏阵列，则当电源、DC 转 DC 单元、DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆上耦合通信信号时，该通信信号也经过优化器或者关断器，则电源、DC 转 DC 单元或 DC 转 AC 单元可以通过该通信信号控制优化器或者关断器的关断，实现快速关断。即电源、DC 转 DC 单元或 DC 转 AC 单元可以发出带有关断指令的通信信号至优化器或者关断器，当优化器或者关断器接收到带有关断指令的通信信号后，执行关断指令，实现快速关断。其中，通信信号的情况与前述实施例一中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，该电源系统还包括至少一个储能单元。该储能单元并联耦合于 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间相连的至少两根直流线缆。在本申请实施例中，DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆可以是 DC 转 DC 单元的输出正端与 DC 转 AC 单元 1 的输入正端耦合的直流线缆，可以是 DC 转 DC 单元的输出负端与 DC 转 AC 单元 N 的输入负端耦合的直流线缆，可以是第三输出端和第一节点之间耦合的直流线缆。示例性的，DC 转 DC 单元的输出正端与 DC 转 AC 单元 1 的输入正端耦合的直流线缆以及 DC 转 DC 单元的输出负端与 DC 转 AC 单元 N 的输入负端耦合的直流线缆之间并联耦合该储能单元。或者，第三输出端和第一节点之间耦合的三条直流线缆之间并联耦合有储能单元。可以理解的是，一个电源系统中包括的储能单元数量没有限定，即可以同时并联耦合多个储能单元，本申请实施例对此不做限定。

在包含储能单元的实施例中，储能单元可以是能量存储单元，也可以包括直流变换单元以及能量存储单元，还可以是其他能够存储能量的装置，与前述实施例一关于储能单元的描述类似，此处不再赘述。储能单元与 DC 转 DC 单元相连的直流线缆上耦合有通信信号，则储能单元可以与 DC 转 DC 单元实现通信。储能单元与 DC 转 AC 单元相连的直流线缆上耦合有通信信号，则储能单元可以与 DC 转 AC 单元实现通信。通信信号的情况以及实现通信的原理与前述实施例一中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

实施例六

图 39 为本申请实施例提供的电源系统的实施例六的示意图。该电源系统包括电源、DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元以及第二级 DC 转 AC 单元。电源的输出端与 DC 转 DC 单元的输入端耦合，电源可以是光伏阵列、储能电源或者风力发电直流源等，DC 转 DC 单元可以是能够实现直流转换为交流的装置，例如逆变器等，与前述实施例五类似，此处不再赘述。DC 转 DC 单元的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合，DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合。

在本申请实施例中，DC 转 AC 单元的输入端级联，降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。当 DC 转 DC 单元接入多个电源时，可以提高输出电压，从而降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。

在本申请实施例中，第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端输出隔离，

连接不同的绕组，与前述实施例一中 DC 转 AC 单元输出隔离的情况类似，此处不再赘述。本申请实施例通过 DC 转 AC 输入级联，输出隔离，降低功率转换器件规格，现有行业功率变换器件规格不够（IGBT 通用最高 1700V），而本申请实施例提供的电源系统中可以选用 1500V 断路器，成本低，解决了现有行业功率变换器件规格不够的技术问题。

DC 转 DC 单元的第三输出端也可以称为输出端电位中点或者称为第一节点，第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合，耦合后的耦合节点为第二节点。

图 40 为本申请实施例中电源系统的其中一个实施例的示意图。如图 40 所示，在一些实施例中，DC 转 DC 单元的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端通过第一导线耦合，DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端通过第二导线耦合。第一节点和第二节点之间通过第三导线进行耦合。可以理解的是，在本申请实施例中，第一导线、第二导线和第三导线都属于 DC 转 DC 单元和 DC 转 AC 单元（第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元）之间相连的直流线缆。该线缆的材质、线径规格可以根据实际情况配置，本申请实施例对此不做限定。

在一些实施例中，第一导线、第二导线、第三导线构成分布式双母线（Distributed Double, DC），第一导线和第二导线构成正母线，第二导线和第三导线构成负母线。第三导线为分布式双母线的中线 Middle Cable。第一导线、第二导线、第三导线为直流导线，为 3D 技术（three direct-Cable），通过三根线缆构建直流母线，第一导线和第二导线构建正母线，第二导线和第三导线构建负母线。

并且，由于第一节点是 DC 转 DC 单元的输出端电位中点，且第二节点是第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元级联的中点，因此可以实现第三导线上的电流值小于或等于第一导线上的电流值。当第三导线上的电流值小于或等于第一导线上的电流值时，第三导线的线径规格可以降低，从而降低第三导线的成本。在另一种可能的情况中，类似地，第三导线上的电流值小于或等于第二导线上的电流值。因此，当第三导线上的电流值小于或等于第二导线上的电流值时，第三导线的线径规格可以降低，从而降低第三导线的线缆成本。当然，第三导线的电流值也可以同时小于第一导线的电流值和小于第二导线的电流值，同样可以降低第三导线的线径规格，降低第三导线的线缆成本。

图 41 为本申请实施例中电源系统的其中一个实施例的示意图。如图 41 所示，在一些实施例中，第一节点和第二节点同时耦合接地。本申请实施例通过第一节点和第二节点同时耦合接地的方式，实现 DC 转 DC 单元输出功率或者输出电压不对称，或者第一级 DC 转 AC 单元和第二 DC 转 AC 单元输入功率或者输入电压不对称时，提供电流回路，实现电压均衡，保证系统正常工作。并且，第一节点和第二节点之间不需要线缆连接，因此可以节省一根线缆成本和施工成本。

图 42 为本申请实施例中包含第一均衡电路单元的电源系统示意图。在一些实施例中，电源系统还包括第一均衡电路单元。该第一均衡电路单元配置有第一接口、第二接口和第三接口，第一接口与第二节点耦合；第二接口与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；第三接口与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。该第一均衡电路单元可以平衡所述第一级

DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输入电压和/或功率和/或电流。该第一均衡电路单元的工作原理为：第一均衡电路单元通过第一接口和第二接口从第一级 DC 转 AC 单元的输入端获取能量，通过第一接口和第三接口补偿给第二级 DC 转 AC 单元；或者第一均衡电路单元通过第一接口和第三接口从第二级 DC 转 AC 单元输入端获取能量，通过第一接口和第二接口补偿给从第一级 DC 转 AC 单元。

在一种可能的实施例中，第一均衡电路单元可以包含四个接口，即第一均衡电路单元还配置有第四接口。第四接口与第一节点耦合连接。与前述图 21 对应的实施例类似，此处不再赘述。

图 43 为本申请实施例中包含第二均衡电路单元电源系统示意图。该第二均衡电路单元配置有第五接口、第六接口。第五接口与第二节点耦合。在一些实施例中，第六接口与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合。与前述图 22a 对应的实施例类似，此处不再赘述。在一些实施例中，第六接口与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。与前述图 22b 对应的实施例类似，此处不再赘述。

图 44 为本申请实施例中包含第三均衡电路单元的电源系统示意图。该第三均衡电路单元配置有第七接口，第八接口和第九接口；第七接口与第一节点耦合；第八接口与 DC 转 DC 单元的输入正端耦合；第九接口与 DC 转 DC 单元的输入负端耦合。在一些实施例中，还配置有第十接口，第十接口耦合连接第二节点。其原理与前述图 23 对应的实施例类似，此处不再赘述。

图 45 为本申请实施例中包含第四均衡电路单元电源系统示意图。第四均衡电路单元配置有第十一接口、第十二接口。第十一接口与第一节点耦合。在一些实施例中，第十二接口与 DC 转 DC 单元的输入正端耦合。其原理与前述图 24a 对应的实施例类似，此处不再赘述。在一些实施例中，第十二接口与 DC 转 DC 单元的输入负端耦合。其原理与前述图 24b 对应的实施例类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合不同的变压器；或第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合同一变压器的不同绕组，实现输出隔离。

在一些实施例中，存在多个电源和/或多个 DC 转 DC 单元和/或多个 DC 转 AC 单元，电源系统具体包括至少一个电源、至少一个 DC 转 DC 单元、至少一对直流转交流变换单元，一对直流转交流变换单元包括第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元；至少一个电源、至少一个 DC 转 DC 单元、至少一对直流转交流变换单元耦合连接时，每一个 DC 转 DC 单元至少和一个电源耦合相连；或者每一个 DC 转 DC 单元同类输入端并联耦合，再和每一个电源耦合相连；每一对直流转交流变换单元至少和一对 DC 转 DC 单元耦合相连；或者每一对直流转交流变换单元同类输入端并联耦合，再和每一个 DC 转 DC 单元耦合相连。与前述实施例五中多个单元并联的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合绝缘监测装置。在另一些实施例中，第二级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合 IMD 设备。在另一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合第一 IMD 设备，第二级 DC 转 AC

单元的输出端与接地点之间耦合第二 IMD 设备。IMD 设备可以检测电源系统对地绝缘阻抗。当对地绝缘阻抗低于预设值时，优选的，本申请实施例可以断开第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元与变压器的绕组之间的耦合连接，使得整个系统停止不工作，进一步保证了系统运行的安全。与前述图 26 对应的实施例类似，此处不再赘述。

在本申请实施例中，电源、DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆中耦合有通信信号，用于实现电源、DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元之间的通信。该通信信号优选为 PLC 信号，与前述实施例关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

在本申请实施例中，第一级 DC 转 AC 单元的输出端连接的交流线缆上耦合通信信号，且该交流线缆还可以耦合其他设备。则第一级 DC 转 AC 单元可以通过该通信信号与交流线缆上的其他设备实现通信。当多组 DC 转 AC 单元组合并联，多个第一级 DC 转 AC 单元并联输出时，多个第一级 DC 转 AC 单元并联输出端可以通过相连的交流线缆上的通信信号与交流线缆上耦合的其他设备实现通信。上述的其他设备可以是使用交流电的交流设备。同理，第二级 DC 转 AC 单元的输出端通信情况类似，此处不再赘述。该通信信号优选为 PLC 信号，与前述实施例关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，本申请实施例提供的电源系统还可以配置漏电流传感器。电源的输出端耦合漏电流传感器；和/或 DC 转 DC 单元的输入端耦合漏电流传感器；和/或第一级 DC 转 AC 单元的输入正端和第一级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合漏电流传感器；和/或第二级 DC 转 AC 单元的输入正端和第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合漏电流传感器；和/或第一级 DC 转 AC 单元的内部输出相线耦合漏电流传感器；和/或第二级 DC 转 AC 单元的内部输出相线耦合漏电流传感器；当漏电流传感器检测到漏电流值大于预设阈值时，电源和/或第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元和/或 DC 转 DC 单元漏电流传感器上报告警和/或电源系统停止工作。与前述图 27 对应的实施例类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元输出端连接的内部输出相线串联至少一个开关，用于实现第一级 DC 转 AC 单元的输出快速关断。该开关可以为继电器或断路器或接触器，还可以是其他类型的开关，本申请实施例对此不做限定。同理第二级 DC 转 AC 单元输出端连接的内部输出相线也可以串联开关，与第一级 DC 转 AC 单元输出相线串联开关类似，此处不再赘述。

在本申请实施例中，当电源为光伏阵列时，该电源系统可以称为光伏发电系统。其他类型的电源系统，例如风力发电系统、储能系统、混合发电系统等，可以参考该光伏发电系统实施，本申请实施例对其他类型的电源系统不再赘述。以下就光伏发电系统进行详细的描述。

在光伏发电系统中，第一节点和第二节点仅需要其中一个节点耦合接地，即第一节点耦合接地或者第二节点耦合接地。在一些实施例中，第一节点和第二节点也可以都耦合接地。第一节点和/或第二节点耦合接地的方式，可以实现第一级 DC 转 DC 单元和第二 DC 转 DC 单元输出功率或者输出电压不对称，或者第一级 DC 转 AC 单元和第二 DC 转 AC 单元输入功率或者输入电压不对称时，提供电流回路，实现电压均衡，保证系统正常工作，可以节

省一根线缆成本和施工成本。

在光伏发电系统中，本申请实施例可以通过耦合电压源的方式消除 PID 现象。在一些实施例中，第二级 DC 转 AC 单元的输出端对应变压器绕组的中性点与接地点之间耦合电压源，用于调节中性点对地的电位。或者在第一级 DC 转 AC 单元输出端对应变压器绕组中性点与接地点之间耦合电压源也可以调节电压。与前述实施例四中的描述类似，此处不再赘述。

在光伏发电系统中，在一些实施例中，可以在第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元的输出侧外部相线与接地点之间耦合电压源，用于调节对应输出相线对地的电位，消除 PID 现象。与前述图 12b 对应的实施例的原理类似，此处不再赘述。

在光伏发电系统中，在一些实施例中，可以在第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线与接地点之间耦合电压源，用于调节对应输出相线对地的电位，消除 PID 现象。与前述图 12c 对应的实施例的原理类似，此处不再赘述。

在光伏发电系统中，在一些实施例中，该光伏发电系统还包括隔离单元。隔离单元又称为 AC 转 DC 隔离单元，可以设置在第一级 DC 转 AC 单元内部，该隔离单元的输入端与第一级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线耦合，隔离单元的第一输出端耦合接地，第二输出端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端和/或输入负端耦合。隔离单元还可以设置在第二级 DC 转 AC 单元的内部。具体与前述图 13 对应的实施例类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，在光伏发电系统中，光伏阵列可以由光伏电池板的输出端串联优化器或关断器后串/并联构成的光伏阵列，且在优化器或关断器输出端相连的直流线缆上耦合通信信号，则 DC 转 DC 单元和/或第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元可以通过该通信信号与优化器或关断器进行通信，控制优化器或关断器，实现优化器或关断器的快速关断。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元、DC 转 DC 单元之间的直流线缆上耦合通信信号。第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元通过该通信信号控制 DC 转 DC 单元，用于实现 DC 转 DC 单元的输入端快速关断。

在一些实施例中，光伏发电系统还包括至少一个储能单元。DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元相连的至少两根直流线缆与储能单元并联耦合。具体与前述实施例五中的储能单元类似，此处不再赘述。

在包含储能单元的实施例中，储能单元可以是能量存储单元，也可以包括直流变换单元以及能量存储单元，还可以是其他能够存储能量的装置，与前述实施例一关于储能单元的描述类似，此处不再赘述。储能单元与 DC 转 DC 单元相连的直流线缆上耦合有通信信号，则储能单元可以与 DC 转 DC 单元实现通信。储能单元与 DC 转 AC 单元相连的直流线缆上耦合有通信信号，则储能单元可以与 DC 转 AC 单元实现通信。通信信号的情况以及实现通信的原理与前述实施例一中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

图 46 为本申请实施例提供的光伏发电系统的另一种实施例示意图。其中，电源具体为光伏电池板的串并联，DC 转 DC 单元具体为共正型 DC/DC 变换器。系统工作并网时，BUS0 的电位和地等电位，此时 PV+对地电位和 BUS+对中性点电位（母线正端 BUS+对母线中点 BUS0

的电位)一致,只要通过母线正端BUS+对母线中点BUS0的电压大于或等于PV+对PV-电压,即可实现光伏电池板对地电压大于等于0V,杜绝PID现象的产生。或者,为了进一步稳定BUS0的电位,可以将BUS0耦合接地,确保系统正常工作时,BUS0电位和地电位一致。DC转DC变换器为升压变换器,通过升压功能可以实现BUS+对BUS0电压大于或等于PV+对PV-电压,即可实现光伏电池板对地电压大于等于0V。其次,若BUS0点接地时,在DC转DC变换器中,实现V0+、V0-对地电压采样,若采用电压超过预设值时,DC转DC变换器停止工作。或者将BUS0点耦合接至DC转DC变换器内,实现V0+、V0-对BUS0点电压采样,若采用电压超过预设值时,DC转DC变换器停止工作。

同理针对要求电池板对地电压要求小于0V,可以杜绝PID现象产生的要求,因此可以采用DC转DC单元为:共负型DC转DC变换器,如图47所示。图47为本申请实施例提供的光伏发电系统的另一种实施例示意图。系统工作并网时,BUS0的电位和地等电位,此时PV-对地电位和BUS-对中点电位(母线负端BUS-对母线中点BUS0的电位)一致,只要通过BUS-对母线中点BUS0电压绝对值大于或等于PV+对PV-电压,即可实现光伏电池板对地电压小于等于0V,杜绝PID现象的产生。或者,为了进一步稳定BUS0的电位,可以将BUS0耦合接地,确保系统正常工作时,BUS0电位和地电位一致。DC转DC变换器为升压变换器,通过升压功能可以实现BUS-对母线中点BUS0电压绝对值大于或等于PV+对PV-电压,即可实现光伏电池板对地电压小于等于0V。杜绝PID现象的产生。

图48为本申请实施例提供的光伏发电系统的另一种实施例示意图。DC转DC单元可以包含第一级DC转DC变换器和第二级DC转DC变换器,第一级DC转DC变换器可以实现升压/降压/升降压功能。第二级DC转DC变换器通过控制其内部的DC/DC模块,实现将C1上的部分能量转移到C2上,使得C1上平均电压和C2上平均电压相等。系统工作并网时,BUS0的电位和地、第二节点等电位,此时组串PV-电位高于或等于第二节点电位,组串PV-对地电压大于或等于0V,杜绝PID现象的产生。或者,为了进一步稳定第二节点的电位,可以将BUS0和第二节点耦合连接,或者将BUS0和/或第二节点耦合接地,确保系统正常工作时,第二节点电位和地电位一致。

同理,针对要求电池板对地电压要求小于0V,才能杜绝PID现场产生的要求,可以采用如图49所示的DC转DC变换器。图49为本申请实施例提供的光伏发电系统的另一种实施例示意图。其原理与前述图48类似,此处不再赘述。

实施例七

图50为本申请实施例提供的电源系统的一种实施例的示意图。该电源系统包括N个第一电源,M个第二电源,N个DC转DC单元,S个DC转AC单元;所述第一电源的输出端与所述DC转DC单元的输入端耦合;N个DC转DC单元的输出端、M个第二电源的输出端串联构成的正端与S个DC转AC单元的输入端串联构成的正端耦合连接;N个DC转DC单元的输出端、M个第二电源的输出端串联构成的负端与S个DC转AC单元的输入端串联构成的负端耦合连接;N个DC转DC单元的输出端、M个第二电源的输出端串联耦合,串联耦合点构成第一节点,S个DC转AC单元的输入端串联耦合,串联耦合点构成第二节点,至少一个第一节点和至少一个第二节点通过至少一根线缆耦合连接;DC转AC单元的输出端隔离。

在本申请实施例中，N 个 DC 转 DC 单元的输出端、M 个第二电源的输出端串联构成的正端为其中一个没有参与串联的端口，可以为 DC 转 DC 单元的正端或第二电源的正端，N 个 DC 转 DC 单元的输出端、M 个第二电源的输出端串联构成的负端为其中另一个没有参与串联的端口，可以为 DC 转 DC 单元的负端或第二电源的负端。N 个 DC 转 DC 单元的输出端、M 个第二电源的输出端串联构成的第一节点为串联耦合形成的耦合节点，可以为 DC 转 DC 单元之间串联形成的耦合节点、第二电源之间串联形成的耦合节点或者是 DC 转 DC 单元与第二电源之间串联形成的耦合节点。

在本申请实施例中，S 个 DC 转 AC 单元的输入端串联构成的正端可以为其中一个没有参与串联的输入端口，如图 50 为 DC 转 AC 单元 1 的输入正端。S 个 DC 转 AC 单元的输入端串联构成的负端可以为其中一个没有参与串联的输入端口，如图 50 为 DC 转 AC 单元 S 的输入负端。S 个 DC 转 AC 单元的输入端串联构成的第二节点为串联形成的耦合节点。如图 50 中 DC 转 AC 单元 1 和 DC 转 AC 单元 2 的输入端耦合形成的节点为第二节点，DC 转 AC 单元 3 和 DC 转 AC 单元 4 的输入端耦合形成的节点也为第二节点，此外，还有其他第二节点，此处不再枚举。

在本申请实施例中，第一电源、第二电源可以为光伏阵列、储能电源或者风力发电直流源等，与前述实施例三中的电源类似，此处不再赘述。DC 转 DC 单元可以是实现将直流转换为直流的装置，例如 DC/DC 转换器等，与前述实施例三中的 DC 转 DC 单元类似，此处不再赘述。DC 转 AC 单元可以是将直流转换为交流的装置，例如逆变器等，与前述实施例三中的 DC 转 AC 单元类似，此处不再赘述。

在本申请实施例中，第二电源的输出端级联，DC 转 DC 单元的输出端级联，DC 转 AC 单元的输入端级联，提高输出电压，降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。当 DC 转 DC 单元接入多个电源时，可以提高输出电压，从而降低 DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。

在本申请实施例中，至少一个第一节点和至少一个第二节点耦合。示例性的，在一些实施例中，一个第一节点和一个第二节点耦合，其他第一节点和其他第二节点不耦合。在另一些实施例中，两个第一节点分别与两个第二节点耦合，其他第一节点和其他第二节点不耦合。在另一些实施例中，第一节点的数量与第二节点的数量相等，每个第一节点与对应的第二节点耦合。在另一些实施例中，第一节点的数量与第二节点的数量不相同，每个第一节点与对应的第二节点耦合，剩余的第一节点或剩余的第二节点不耦合。在实际应用中，还可能采用其他耦合的方式，本申请实施例对此不做限定。本申请实施例通过第一节点和第二节点的方式将第二电源、DC 转 DC 单元、DC 转 AC 单元连接的线缆数量减少，从而降低了电源系统的成本。

在本申请实施例中，每个 DC 转 AC 单元的输出端之间输出隔离。与前述实施例一、三、五中的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，至少两组对应的第一节点并联，至少两组对应的第二节点并联；至少一个并联后的第一节点与至少一个并联后的第二节点耦合连接；至少一个并联后的第三

节点与至少一个并联后的第二节点并联。可以理解的是，当存在多组第一电源、多组第二电源、多组 DC 转 DC 单元以及多组 DC 转 AC 单元时，可以采用上述的连接方式。

在一些实施例中，多组 DC 转 AC 单元的同类输出端并联输出，或者隔离输出。与前述实施例三对应的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，第一电源、第二电源、DC 转 DC 单元、DC 转 AC 单元任意两者之间相连的直流线缆上耦合通信信号，使得第一电源、第二电源、DC 转 DC 单元、DC 转 AC 单元任意两者可以通过该通信信号通信。优选地，该通信信号可以是 PLC 信号。与前述实施例三的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，电源为由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成的光伏阵列，则当电源、DC 转 DC 单元、DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆上耦合通信信号时，该通信信号也经过优化器或者关断器，则电源、DC 转 DC 单元或 DC 转 AC 单元可以通过该通信信号控制优化器或者关断器的关断，实现快速关断。即电源、DC 转 DC 单元或 DC 转 AC 单元可以发出带有关断指令的通信信号至优化器或者关断器，当优化器或者关断器接收到带有关断指令的通信信号后，执行关断指令，实现快速关断。其中，通信信号的情况与前述实施例一中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，DC 转 DC 单元、DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆上耦合通信信号，则 DC 转 AC 单元可以通过该通信信号控制 DC 转 DC 单元，实现 DC 转 DC 单元的输入快速关断。示例性的，DC 转 AC 单元发出带有关断指令的通信信号，通过对应的直流线缆到达 DC 转 DC 单元，使得 DC 转 DC 单元接到该通信信号后执行关断指令，实现 DC 转 DC 单元的输入快速关断。

在一些实施例中，该电源系统还包括至少一个储能单元。该储能单元并联耦合于第二电源、DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间相连的至少两根直流线缆。可以是第一节点和第二节点之间耦合的直流线缆。示例性的，DC 转 DC 单元 1 的输出正端与 DC 转 AC 单元 1 的输入正端耦合的直流线缆以及 DC 转 DC 单元 2 的输出负端与 DC 转 AC 单元 2 的输入负端耦合的直流线缆之间并联耦合该储能单元。或者，第一节点和第二节点之间耦合的三条直流线缆之间并联耦合有储能单元。可以理解的是，一个电源系统中包括的储能单元数量没有限定，即可以同时并联耦合多个储能单元，本申请实施例对此不做限定。

在包含储能单元的实施例中，储能单元可以是能量存储单元，也可以包括直流变换单元以及能量存储单元，还可以是其他能够存储能量的装置，与前述实施例一关于储能单元的描述类似，此处不再赘述。储能单元与 DC 转 DC 单元相连的直流线缆上耦合有通信信号，则储能单元可以与 DC 转 DC 单元实现通信。储能单元与 DC 转 AC 单元相连的直流线缆上耦合有通信信号，则储能单元可以与 DC 转 AC 单元实现通信。通信信号的情况以及实现通信的原理与前述实施例一中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

实施例八

图 51a 为本申请实施例提供的电源系统的示意图一。图 51b 为本申请实施例提供的电源系统的示意图二。该电源系统包括电源 1、电源 2、DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元以及第二级 DC 转 AC 单元。电源 1 的输出端与 DC 转 DC 单元的输入端耦合；DC 转 DC 单元

与第二电源的输出端串联耦合，耦合点为第一节点；第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合，耦合点为第二节点；DC 转 DC 单元与第二电源的输出端串联耦合后，形成的正输出端为第一端口（例如图 51a 中 DC 转 DC 单元的输出正端或图 51b 中电源 2 的输出正端），第一端口与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；DC 转 DC 单元与第二电源的输出端串联耦合后，形成的负输出端为第二端口（例如图 51a 中电源 2 的输出负端或图 51b 中 DC 转 DC 单元的输出负端），第二端口与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合；第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端输出隔离。

具体地，在一种可能的情况下，如图 51a 所示，DC 转 DC 单元的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合，DC 转 DC 单元的输出负端与电源 2 的输出正端耦合为第一节点，电源 2 的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合，第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合为第二节点。在另一种可能的情况下，如图 51b 所示，电源 1 的输出端与 DC 转 DC 单元的输入端耦合，DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合，DC 转 DC 单元的输出正端与电源 2 的输出负端耦合，电源 2 的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合，第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合。以下实施例针对图 51a 的情况进行描述，图 51b 的情况同理则不再赘述。

本申请实施例采用了级联的方式，提高输出电压，降低电源 2、DC 转 DC 单元与 DC 转 AC 单元之间的电流，解决 DC 转 DC 单元到 DC 转 AC 单元线缆成本和损耗问题。

图 52 为本申请实施例提供的电源系统的一个实施例的示意图。在一些实施例中，第一节点和第二节点耦合连接，则 DC 转 DC 单元和电源 2 的 4 个输出口可以通过级联的方式通过三条线缆即可连接到 DC 转 AC 单元，减少了线缆的数量，节省了成本。并且，第一节点和第二节点之间的线缆上的电流值比其他两条线缆上的电流值小，则第一节点和第二节点之间的线缆第一节点和第二节点之间的线缆可以采用线径规格较低的线缆，进一步减少了线缆成本。与前述实施例四中图 19 的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，第一端口与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端通过第一导线耦合，第二端口与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端通过第二导线耦合，第一节点和第二节点通过第三导线耦合；第一导线、第二导线、第三导线构成分布式双母线（Distributed Double, DC），第一导线和第二导线构成正母线，第二导线和第三导线构成负母线。第三导线为分布式双母线的中线 Middle Cable。第一导线、第二导线、第三导线为直流导线，为 3D 技术（three direct-Cable），通过三根线缆构建直流母线，第一导线和第二导线构建正母线，第二导线和第三导线构建负母线。

在一些实施例中，第一节点和第二节点同时耦合接地。本申请实施例通过第一节点和第二节点同时耦合接地的方式，实现 DC 转 DC 单元和电源 2 输出功率或者输出电压不对称，或者第一级 DC 转 AC 单元和第二 DC 转 AC 单元输入功率或者输入电压不对称时，提供电流回路，实现电压均衡，保证系统正常工作。并且，第一节点和第二节点之间不需要线缆连接，因此可以节省一根线缆成本和施工成本。

第一节点和第二节点不耦合连接的情况下，可以采用均衡电路单元的方式进行调节电

压。

图 53 为本申请实施例中包含第一均衡电路单元的电源系统示意图。在一些实施例中，电源系统还包括第一均衡电路单元。第一均衡电路单元有第一接口、第二接口和第三接口，第一接口与第二节点耦合；第二接口与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；第三接口与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。在一些实施例中，第一均衡电路单元还配置有第四接口，第四接口与第一节点耦合连接。与前述图 21 对应的实施例类似，此处不再赘述。

图 54 为本申请实施例中包含第二均衡电路单元的电源系统示意图。在一些实施例中，电源系统包括第二均衡电路单元。第二均衡电路单元配置有第五接口、第六接口。第五接口与第二节点耦合；第六接口与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端或第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。与前述图 22a 和图 22b 对应的实施例类似，此处不再赘述。

图 55 为本申请实施例中包含第三均衡电路单元的电源系统示意图。在一些实施例中，电源系统包括第三均衡电路单元。第三均衡电路单元配置有第七接口，第八接口和第九接口；第七接口与第一节点耦合；第八接口与 DC 转 DC 单元的输出正端耦合；第九接口与电源 2 的输出负端耦合。在一些实施例中，第三均衡电路单元还配置有第十接口，第十接口与第二节点耦合。与前述图 23 对应的实施例类似，此处不再赘述。

图 56 为本申请实施例中包含第四均衡电路单元的电源系统示意图。在一些实施例中，电源系统包括第四均衡电路单元。第四均衡电路单元配置有第十一接口和第十二接口。第十一接口与第一节点耦合，第十二接口与 DC 转 DC 单元的输出正端耦合或与电源 2 的输出负端耦合。与前述图 24a 和图 24b 对应的实施例类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合不同的变压器；或第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合同一变压器的不同绕组，实现输出隔离。

在一些实施例中，所述电源系统具体包括至少一对电源、至少一个 DC 转 DC 单元、至少一对直流转交流变换单元，一对电源包括电源 1 和电源 2，一对直流转交流变换单元包括第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元；至少一对电源、至少一个 DC 转 DC 单元、至少一对直流转交流变换单元耦合连接时，每一个 DC 转 DC 单元至少和一个电源 1 耦合相连；每一对直流转交流变换单元至少和一个 DC 转 DC 单元耦合相连或电源 2 耦合连接；或者每一对直流转交流变换单元同类输入端并联耦合，再和一个 DC 转 DC 单元或一个电源 2 耦合相连。可以理解的是，多组 DC 转 AC 单元组合的同类输出端可以并联耦合输出，也可以隔离输出，与前述实施例二的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合 IMD 设备。在另一些实施例中，第二级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合 IMD 设备。在另一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合第一 IMD 设备，第二级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合第二 IMD 设备。IMD 设备可以检测电源系统对地绝缘阻抗。当对地绝缘阻抗低于预设值时，优选的，本申请实施例可以断开第一级 DC 转 AC 单元和/或第二级 DC 转 AC 单元与变压器的绕组之间的耦合连接，使得整个系统停止不工作，进一步保证了系统运行的安全。

在本申请实施例中，电源 1、电源 2、DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆中耦合有通信信号，用于实现电源 1、电源 2、DC 转 DC 单元、第一级 DC 转 AC 单元、第二级 DC 转 AC 单元之间的通信。该通信信号优选为 PLC 信号，与前述实施例关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

在本申请实施例中，第一级 DC 转 AC 单元的输出端连接的交流线缆上耦合通信信号，且该交流线缆还可以耦合其他设备。则第一级 DC 转 AC 单元可以通过该通信信号与交流线缆上的其他设备实现通信。当多组 DC 转 AC 单元组合并联，多个第一级 DC 转 AC 单元并联输出时，多个第一级 DC 转 AC 单元并联输出端可以通过相连的交流线缆上的通信信号与交流线缆上耦合的其他设备实现通信。上述的其他设备可以是使用交流电的交流设备。同理，第二级 DC 转 AC 单元的输出端通信情况类似，此处不再赘述。该通信信号优选为 PLC 信号，与前述实施例关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，本申请实施例提供的电源系统还可以配置漏电流传感器。漏电流传感器可以配置在电源 1 的输出端、电源 2 的输出端、DC 转 DC 单元的输入端输出端、第一级 DC 转 AC 单元的输入端输出端、第二级 DC 转 AC 单元的输入端输出端。与前述图 11 和图 27 对应的实施例类似，此处不再赘述。

在一些实施例中，第一级 DC 转 AC 单元输出端连接的内部输出相线串联至少一个开关，用于实现第一级 DC 转 AC 单元的输出快速关断。该开关可以为继电器或断路器或接触器，还可以是其他类型的开关，本申请实施例对此不做限定。同理第二级 DC 转 AC 单元输出端连接的内部输出相线也可以串联开关，与第一级 DC 转 AC 单元输出相线串联开关类似，此处不再赘述。

在本申请实施例中，当电源 1 和电源 2 是光伏阵列时，该电源系统可以称为光伏发电系统。在本申请实施例中，可以将电源 1 称为第一光伏阵列，电源 2 称为第二光伏阵列，在实际应用中，还可以采用其他命名，本申请实施例对此不做限定。其他类型的电源系统，例如风力发电系统、储能系统、混合发电系统等，可以参考该光伏发电系统实施，本申请实施例对其他类型的电源系统不再赘述。以下就光伏发电系统进行详细的描述。

在光伏发电系统中，第一节点和第二节点仅需要其中一个节点耦合接地，即第一节点耦合接地或者第二节点耦合接地。在一些实施例中，第一节点和第二节点也可以都耦合接地。第一节点和/或第二节点耦合接地的方式，可以实现第一级 DC 转 DC 单元和第二 DC 转 DC 单元输出功率或者输出电压不对称，或者第一级 DC 转 AC 单元和第二 DC 转 AC 单元输入功率或者输入电压不对称时，提供电流回路，实现电压均衡，保证系统正常工作，可以节省一根线缆成本和施工成本。

图 57 为本申请实施例提供的光伏发电系统的一种示意图。在光伏发电系统中，在一些实施例中，DC 转 DC 单元的输入正端与输出负端直接耦合连接，或只有小电压降的连接。可以实现第二光伏阵列输出正极和第一光伏阵列输出正极等电位。正常情况下，整个系统对地阻抗分布呈现对称分布，系统正常并网工作时，第一节点、第二节点和地为等电位，此时第一光伏阵列、第二光伏阵列电池板输出 PV+ 对地电压在 0V 附近，从而消除电池板 PV+ 对地的正偏置电压，杜绝了电池板 PID 现象（针对 PV+ 对地有正电压，产生 PID 现象的电

池板)的产生。同理,在另一些实施例中,DC转DC单元的输入负端与输出正端直接耦合连接,或只有小电压降的连接。与前述图27对应的实施例原理类似,此处不再赘述。

在光伏发电系统中,本申请实施例还可以通过耦合电压源的方式消除PID现象。在一些实施例中,第二级DC转AC单元的输出端对应变压器绕组的中性点与接地点之间耦合电压源,用于调节中性点对地的电位。在另一些实施例中,在第一级DC转AC单元输出端对应变压器绕组中性点与接地点之间耦合电压源也可以调节电压。在另一些实施例中,可以在第一级DC转AC单元和/或第二级DC转AC单元的输出侧外部相线与接地点之间耦合电压源,用于调节对应输出相线对地的电位,消除PID现象。在另一些实施例中,可以在第一级DC转AC单元和/或第二级DC转AC单元的输出端内部相线与接地点之间耦合电压源,用于调节对应输出相线对地的电位,消除PID现象。与前述图12a、图12b、图12c实施例的原理类似,此处不再赘述。

在一些实施例中,光伏发电系统中,第一级DC转AC单元或第二级DC转AC单元的输出端对应变压器绕组的中性点耦合接地或通过限流装置耦合接地,用于使得中性点对地电压接近或等于0V,以消除PID现象。在一些实施例中,当第一级DC转AC单元和第二级DC转AC单元的输出端分别耦合同一变压器的不同绕组时,第一级DC转AC单元输出端对应绕组的中性点和第二级DC转AC单元输出端对应绕组的中性点通过两个串联电阻或者限流装置耦合相连,且两个串联电阻或者两个限流装置的中点耦合接地,以消除PID现象。原理与前述图29和图30对应的实施例原理类似,此处不再赘述。

在光伏发电系统中,在一些实施例中,该光伏发电系统还包括隔离单元。隔离单元可以设置在第一级DC转AC单元内部或第二级DC转AC单元内部,与前述图13对应的实施例类似,此处不再赘述。

在一些实施例中,在光伏发电系统中,第一光伏阵列和第二光伏阵列可以是由光伏电池板的输出端串联优化器或关断器后串/并联构成的光伏阵列,且在优化器或关断器输出端相连的直流线缆上耦合通信信号,则DC转DC单元和/或第一级DC转AC单元和/或第二级DC转AC单元可以通过该通信信号与优化器或关断器进行通信,控制优化器或关断器,实现优化器或关断器的快速关断。

在一些实施例中,DC转AC单元、第一级DC转DC单元、第二级DC转DC单元之间的直流线缆上耦合通信信号。第一级DC转AC单元和/或第二级DC转AC单元通过该通信信号控制DC转DC单元,用于实现DC转DC单元的输入端快速关断。

在一些实施例中,光伏发电系统还包括至少一个储能单元。第二光伏阵列、DC转DC单元、第一级DC转AC单元、第二级DC转AC单元相连的至少两根直流线缆与储能单元并联耦合。具体与前述实施例三中的储能单元类似,此处不再赘述。

在包含储能单元的实施例中,储能单元可以是能量存储单元,也可以包括直流变换单元以及能量存储单元,还可以是其他能够存储能量的装置,与前述实施例一关于储能单元的描述类似,此处不再赘述。储能单元与DC转DC单元相连的直流线缆上耦合有通信信号,则储能单元可以与DC转DC单元实现通信。储能单元与DC转AC单元相连的直流线缆上耦合有通信信号,则储能单元可以与DC转AC单元实现通信。通信信号的情况以及实现

通信的原理与前述实施例一中关于通信信号的描述类似，此处不再赘述。

图 58 为本申请实施例中光伏发电系统的实施例示意图。在一些实施例中，如图 58 所示，第二光伏阵列的输出端耦合有汇流箱。汇流箱的输入端与多个第二光伏阵列的输出端耦合，汇流箱的输出正端与 DC 转 DC 单元的输出负端串联耦合，汇流箱的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合，汇流箱的输入端与多个第二光伏阵列的输出端耦合，汇流箱的输出正端与 DC 转 DC 单元的输出负端串联耦合，汇流箱的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合，DC 转 DC 单元的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合，与前述图 34 对应的实施例类似，此处不再赘述。

图 59 为本申请实施例中光伏发电系统的实施例示意图。在一些实施例中，如图 59 所示，第二光伏阵列的输出端耦合有汇流箱。汇流箱的输入端与多个第二光伏阵列的输出端耦合，汇流箱的输出负端与 DC 转 DC 单元的输出正端串联耦合，汇流箱的输出正端与第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合，DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。与前述图 35 对应的实施例类似，此处不再赘述。在上述各个实施例中，第一光伏阵列和第二光伏阵列一般是共 PV+或共 PV-的连接方式，例如图 28 为第一光伏阵列和第二光伏阵列共 PV+的连接方式，例如图 29 对应的实施例为第一光伏阵列和第二光伏阵列共 PV-的连接方式。在实际应用中，还可以不采用上述连接方式，例如，图 60 为本申请实施例中光伏发电系统的另一种实施例示意图。如图 60 所示，第一光伏阵列的输出负端与第一级 DC 转 DC 单元的输入负端耦合；第二光伏阵列的输出正端与第二级 DC 转 DC 单元的输入正端耦合。且第一级 DC 转 DC 单元的输出负端与第二级 DC 转 DC 单元的输出正端耦合连接，耦合连接点为第一节点。因此，在本申请实施例中，第一光伏阵列的输出负端与第二光伏阵列的输出正端电位相同，不属于共 PV+或共 PV-的连接方式，也应理解为本申请实施例提供的连接方式之一。图 60 中补偿电源模块与前述图 12b 对应的实施例中电压源类似，此处不再赘述。

权 利 要 求

1、一种电源系统，其特征在于，包括 N 个电源模块，N 个 DC 转 DC 单元以及 M 个 DC 转 AC 单元；

所述电源模块的输出端与所述 DC 转 DC 单元的输入端耦合；

第一个所述 DC 转 DC 单元的输出正端与第一个所述 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；

第 n 个所述 DC 转 DC 单元的输出负端与第 n+1 个所述 DC 转 DC 单元的输出正端串联耦合形成第一节点，所述 n 为大于 0 且小于 N 的整数；

第 N 个所述 DC 转 DC 单元的输出负端与第 M 个所述 DC 转 AC 单元的输入负端耦合；

第 m 个所述 DC 转 AC 单元的输入负端与第 m+1 个所述 DC 转 AC 单元的输入正端串联耦合形成第二节点，所述 m 为大于 0 且小于 M 的整数；

至少一个所述第一节点和至少一个所述第二节点之间耦合；

所述 DC 转 AC 单元的输出端隔离输出。

2、根据权利要求 1 的电源系统，其特征在于，所述电源模块为光伏阵列和/或储能电源和/或风力发电直流源；

所述光伏阵列由光伏电池板串/并联组合构成或者由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成。

3、根据权利要求 1 的电源系统，其特征在于，至少两组所述 DC 转 DC 单元的同类输出端先并联后串联形成所述第一节点；

至少两组所述 DC 转 AC 单元的同类输入端先并联后串联形成所述第二节点；

至少两组所述 DC 转 AC 单元的同类输出端并联 输出或隔离输出。

4、根据权利要求 1 的电源系统，其特征在于，所述电源、所述 DC 转 DC 单元、所述 DC 转 AC 单元之间任意两者相连的直流线缆上耦合通信信号，用于实现所述电源、所述 DC 转 DC 单元、所述 DC 转 AC 单元之间的通信。

5、根据权利要求 2 的电源系统，其特征在于，所述电源模块为光伏阵列，且所述光伏阵列由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成；

所述电源模块、所述 DC 转 DC 单元、所述 DC 转 AC 单元相连的直流线缆上耦合通信信号；

所述 DC 转 DC 单元和/或所述 DC 转 AC 单元通过所述通信信号控制所述优化器或所述关断器，实现快速关断；或

所述 DC 转 AC 单元通过所述通信信号控制所述 DC 转 DC 单元，实现所述 DC 转 DC 单元的输入快速关断。

6、根据权利要求 1 的电源系统，其特征在于，还包括至少一个储能单元；

所述储能单元并联耦合于所述 DC 转 DC 单元与所述 DC 转 AC 单元之间相连的至少两根直流线缆。

7、根据权利要求 6 所述的电源系统，其特征在于，所述储能单元为能量存储单元，或所述储能单元包括直流变换单元和所述能量存储单元，所述能量存储单元包括超级电容或电池。

8、根据权利要求6所述的电源系统，其特征在于，所述储能单元与所述DC转DC单元之间相连的直流线缆上耦合通信信号，用于实现所述储能单元与所述电源模块之间的通信，或所述储能单元与所述DC转AC单元之间相连的直流线上耦合通信信号，用于实现所述储能单元与所述DC转AC单元之间的通信。

9、一种电源系统，其特征在于，包括第一电源，第二电源，第一级DC转DC单元，第二级DC转DC单元，第一级DC转AC单元和第二级DC转AC单元；

所述第一电源的输出端与所述第一级DC转DC单元的输入端耦合；

所述第二电源的输出端与所述第二级DC转DC单元的输入端耦合；

所述第一级DC转DC单元的输出正端与所述第一级DC转AC单元的输入正端耦合；

所述第一级DC转DC单元的输出负端与所述第二级DC转DC单元的输出正端耦合形成第一节点；

所述第二级DC转DC单元的输出负端与所述第二级DC转AC单元的输出负端耦合；

所述第一级DC转AC单元的输入负端与所述第二级DC转AC单元的输入正端耦合形成第二节点；

所述第一级DC转AC单元和所述第二级DC转AC单元的输出端输出隔离。

10、根据权利要求9所述的电源系统，其特征在于，所述第一DC转DC单元的输出正端与所述第一级DC转AC单元的输入正端通过第一导线耦合，所述第二DC转DC单元的输出负端与所述第二级DC转AC单元的输出负端通过第二导线耦合，所述第一节点与所述第二节点通过第三导线耦合连接；

所述第三导线上的电流值小于或等于所述第一导线上的电流值；

或

所述第三导线上的电流值小于或等于所述第二导线上的电流值。

11、根据权利要求10所述的电源系统，其特征在于，

所述第一导线、所述第二导线、所述第三导线为直流导线；

所述第一导线、所述第二导线、所述第三导线构成分布式双母线，所述第一导线和所述第二导线构成正母线，所述第二导线和所述第三导线构成负母线；

所述第三导线为所述分布式双母线的中线。

12、根据权利要求9所述的电源系统，其特征在于，所述第一节点与所述第二节点同时耦合接地。

13、根据权利要求9所述的电源系统，其特征在于，还包括第一均衡电路单元，所述第一均衡电路单元配置有第一接口，第二接口和第三接口；

所述第一接口与所述第一节点耦合，所述第二接口与所述第一级DC转DC单元的输出正端耦合，所述第三接口与所述第二级DC转DC单元的输出负端耦合，用于平衡所述第一级DC转DC单元和所述第二级DC转DC单元的输出电压和/或功率和/或电流；

或者

所述第一接口与所述第二节点耦合，所述第二接口与所述第一级DC转AC单元的输入正端耦合，所述第三接口与所述第二级DC转AC单元的输入负端耦合，用于平衡所述第一

级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输入电压和/或功率和/或电流。

14、根据权利要求 13 所述的电源系统，其特征在于，所述第一均衡电路单元还包括第四接口；

当所述第一接口与所述第一节点耦合时，所述第四接口与所述第二节点耦合；

当所述第一接口与所述第二节点耦合时，所述第四接口与所述第一节点耦合。

15、根据权利要求 9 所述的电源系统，其特征在于，还包括第二均衡电路单元，所述第二均衡的线路单元配置有第五接口和第六接口；

所述第五接口与所述第一节点耦合，所述第六接口与所述第一级 DC 转 DC 单元的输出正端耦合或者所述第六接口与所述第二级 DC 转 DC 单元的输出负端耦合，用于平衡所述第一级 DC 转 DC 单元和所述第二级 DC 转 DC 单元的输出电压和/或功率和/或电流；

或者

所述第五接口与所述第二节点耦合，所述第六接口与所述第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合或者所述第六接口与所述第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合，用于平衡所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输入电压和/或功率和/或电流。

16、根据权利要求 9 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合不同的变压器；或

所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合同一变压器的不同绕组。

17、根据权利要求 9 所述的电源系统，其特征在于，所述电源系统具体包括至少一对电源、至少一对直流变换单元、至少一对直流转交流变换单元，一对所述电源包括所述第一电源和所述第二电源，一对所述直流变换单元包括所述第一级 DC 转 DC 单元和所述第二级 DC 转 DC 单元，一对所述直流转交流变换单元包括所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元；

至少一对所述电源、至少一对所述直流变换单元、至少一对所述直流转交流变换单元耦合连接时，每一对所述直流变换单元至少和一对所述电源耦合相连；或者每一对所述直流变换单元同类输入端并联耦合，再和每一对所述电源耦合相连；

每一对所述直流转交流变换单元至少和一对所述直流变换单元耦合相连；或者每一对所述直流转交流变换单元同类输入端并联耦合，再和每一对所述直流变换单元耦合相连。

18、根据权利要求 9 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元和/或所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合绝缘监测装置 IMD 设备，用于检测所述电源系统对地绝缘阻抗。

19、根据权利要求 9 所述的电源系统，其特征在于，所述第一电源、所述第二电源、所述第一级 DC 转 DC 单元、所述第二级 DC 转 DC 单元、所述第一级 DC 转 AC 单元、所述第二级 DC 转 AC 单元之间中任意两个通过直流线缆上耦合的通信信号通信。

20、根据权利要求 9 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元的输出端并联第一交流设备，所述第一交流设备与所述第一级 DC 转 AC 单元通过两者相连的交流线缆上耦合的通信信号通信；和/或

所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端并联第二交流设备，所述第二交流设备与所述第二级 DC 转 AC 单元通过两者相连的交流线缆上耦合的通信信号通信。

21、根据权利要求 9 所述的电源系统，其特征在于，

所述第一电源的输出正端和所述第一电源的输出负端耦合漏电流传感器；和/或

所述第二电源的输出正端和所述第二电源的输出负端耦合漏电流传感器；和/或

所述第一级 DC 转 DC 单元的输入正端和所述第一级 DC 转 DC 单元的输入负端耦合漏电流传感器；和/或

所述第二级 DC 转 DC 单元的输入正端和所述第二级 DC 转 DC 单元的输入负端耦合漏电流传感器；和/或

所述第一级 DC 转 DC 单元的输出正端和所述第一级 DC 转 DC 单元的输出负端耦合漏电流传感器；和/或

所述第二级 DC 转 DC 单元的输出正端和所述第二级 DC 转 DC 单元的输出负端耦合漏电流传感器；和/或

所述第一级 DC 转 AC 单元的输入正端和所述第一级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合漏电流传感器；和/或

所述第二级 DC 转 AC 单元的输入正端和所述第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合漏电流传感器；和/或

所述第一级 DC 转 AC 单元的内部输出相线耦合漏电流传感器；和/或

所述第二级 DC 转 AC 单元的内部输出相线耦合漏电流传感器；

当所述漏电流传感器检测到漏电流值大于预设阈值时，所述电源和/或所述第一级 DC 转 AC 单元和/或所述第二级 DC 转 AC 单元和/或所述第一级 DC 转 DC 单元和/或所述第二级 DC 转 DC 单元上报告警 和/或所述电源系统停止工作。

22、根据权利要求 9 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元的内部输出相线 和/或所述第二级 DC 转 AC 单元的内部输出相线 串联至少一个开关，所述开关为继电器或断路器或接触器。

23、根据权利要求 9 所述的电源系统，其特征在于，所述第一电源和/或所述第二电源为光伏阵列和/或储能电源和/或风力发电直流源；

所述光伏阵列由光伏电池板串/并联组合构成或者由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成。

24、根据权利要求 23 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 DC 单元的输入负端与输出负端直接耦合连接或者只有小电压降的连接，所述第二级 DC 转 DC 单元的输入负端和输出正端直接耦合连接或者只有小电压降的连接；或者

所述第一级 DC 转 DC 单元的输入正端和输出负端直接耦合连接或者只有小电压降的连接，所述第二级 DC 转 DC 单元的输入正端和输出正端直接耦合连接或者只有小电压降的连接。

25、根据权利要求 23 所述的电源系统，其特征在于，所述第一电源和所述第二电源为光伏阵列，所述第一节点和/或所述第二节点耦合接地。

26、根据权利要求 23 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元或所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端对应变压器绕组 的中性点与接地点之间耦合电压源，用于调节所述中性点对地的电位；或

所述第一级 DC 转 AC 单元或所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线与接地点之间耦合电压源，用于调节对应输出相线对地的电位；或

所述第一级 DC 转 AC 单元或所述第二级 DC 转 AC 单元的输出侧外部相线与接地点之间耦合电压源，用于调节对应输出相线对地的电位。

27、根据权利要求 23 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元或所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端对应变压器绕组 的中性点耦合接地或通过限流装置耦合接地，用于使得中性点对地电压接近或等于 0V。

28、根据权利要求 23 所述的电源系统，其特征在于，当所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合同一变压器的不同绕组时，所述第一级 DC 转 AC 单元输出端对应绕组的中性点和所述第二级 DC 转 AC 单元输出端对应绕组的中性点通过两个串联电阻或者限流装置耦合相连，且两个所述串联电阻或者两个所述限流装置的中点耦合接地。

29、根据权利要求 23 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元内部还包括第一 AC 转 DC 隔离单元；

所述第一电源和所述第二电源为光伏阵列；

所述第一 AC 转 DC 隔离单元的输入端与所述第一级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线耦合，所述第一 AC 转 DC 隔离单元的第一输出端耦合接地，所述第一 AC 转 DC 隔离单元的第二输出端与所述第一级 DC 转 AC 单元的输入正端和/或输入负端耦合；

所述第一 AC 转 DC 隔离单元用于调节所述第一电源和/或所述第二电源的输出对地电压；

和/或

所述第二级 DC 转 AC 单元内部还包括第二 AC 转 DC 隔离单元；

所述第二 AC 转 DC 隔离单元的输入端与所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线耦合，所述第二 AC 转 DC 隔离单元的第一输出端耦合接地，所述第二 AC 转 DC 隔离单元的第二输出端与所述第二级 DC 转 AC 单元的输入正端和/或输入负端耦合；

所述第二 AC 转 DC 隔离单元用于调节所述第一电源和/或所述第二电源的输出对地电压。

30、根据权利要求 23 所述的电源系统，其特征在于，所述第一电源和/或所述第二电源为由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成的光伏阵列时，所述优化器或所述关断器的输出端的直流线缆上耦合有通信信号，用于所述第一级 DC 转 AC 单元、所述第二级 DC 转 AC 单元、所述第一级 DC 转 DC 单元、所述第二级 DC 转 DC 单元中任意一个通过所述通信信号控制所述优化器或所述关断器，实现快速关断。

31、根据权利要求 23 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元、所述第二级 DC 转 AC 单元、所述第一级 DC 转 DC 单元、所述第二级 DC 转 DC 单元之间的直流线

缆上耦合通信信号；

所述第一级 DC 转 AC 单元和/或所述第二级 DC 转 AC 单元通过所述通信信号控制所述第一级 DC 转 DC 单元和/或所述第二级 DC 转 DC 单元，用于实现所述第一级 DC 转 DC 单元和/或所述第二级 DC 转 DC 单元的输入端快速关断。

32、根据权利要求 23 所述的电源系统，其特征在于，还包括至少一个储能单元；

所述第一级 DC 转 DC 单元、所述第二级 DC 转 DC 单元、所述第一级 DC 转 AC 单元、所述第二级 DC 转 AC 单元相连的至少两根直流线缆与所述储能单元并联耦合。

33、根据权利要求 32 所述的电源系统，其特征在于，所述第一电源、所述第二电源、所述储能单元、所述第一级 DC 转 DC 单元、所述第二级 DC 转 DC 单元、所述第一级 DC 转 AC 单元、所述第二级 DC 转 AC 单元中的任意两个之间通过相连的直流线缆上耦合的通信信号通信。

34、一种电源系统，其特征在于，包括 N 个第一电源，M 个第二电源，N 个 DC 转 DC 单元，S 个 DC 转 AC 单元；

所述第一电源的输出端与所述 DC 转 DC 单元的输入端耦合；

N 个所述 DC 转 DC 单元的输出端、M 个所述第二电源的输出端串联耦合构成的正端与 S 个所述 DC 转 AC 单元的输入端串联耦合构成的正端耦合连接；

N 个所述 DC 转 DC 单元的输出端、M 个所述第二电源的输出端串联耦合构成的负端与 S 个所述 DC 转 AC 单元的输入端串联耦合构成的负端耦合连接；

N 个所述 DC 转 DC 单元的输出端、M 个所述第二电源的输出端串联耦合点构成的第一节点与 S 个所述 DC 转 AC 单元的输入端串联耦合点构成的第二节点通过至少一根线缆耦合连接；

所述 DC 转 AC 单元的输出端隔离。

35、根据权利要求 34 所述的电源系统，其特征在于，所述第一电源和/或所述第二电源为光伏阵列和/或储能电源和/或风力发电直流源；

所述光伏阵列由光伏电池板串/并联组合构成或者由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成。

36、根据权利要求 34 所述的电源系统，其特征在于，至少两组对应的所述第一节点并联，至少两组对应的所述第二节点并联；

至少一个并联后的所述第一节点与至少一个并联后的所述第二节点耦合连接。

37、根据权利要求 34 所述的电源系统，其特征在于，所述第一电源、所述第二电源、所述 DC 转 DC 单元、所述 DC 转 AC 单元中，任意两者通过在相连的直流线缆上耦合通信信号实现通信。

38、根据权利要求 34 所述的电源系统，其特征在于，当所述第一电源和/或所述第二电源为由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成的光伏阵列时，所述第一电源、所述第二电源、所述 DC 转 DC 单元、所述 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆上耦合通信信号，所述 DC 转 DC 单元和/或所述 DC 转 AC 单元通过所述通信信号控制所述优化器或所述关断器，实现快速关断。

39、根据权利要求 34 所述的电源系统，其特征在于，所述 DC 转 DC 单元、所述 DC 转 AC 单元之间相连的直流线缆上耦合通信信号，所述 DC 转 AC 单元通过所述通信信号控制所述 DC 转 DC 单元，实现所述 DC 转 DC 单元的输入快速关断。

40、根据权利要求 34 所述的电源系统，其特征在于，还包括至少一个储能单元；

所述储能单元并联耦合于所述 DC 转 DC 单元、所述第二电源与所述 DC 转 AC 单元之间相连的至少两根直流线缆上。

41、根据权利要求 40 所述的电源系统，其特征在于，所述储能单元为能量存储单元，或所述储能单元包括直流变换单元和所述能量存储单元，所述能量存储单元包括超级电容或电池。

42、根据权利要求 40 所述的电源系统，其特征在于，所述第一电源、所述第二电源、所述 DC 转 DC 单元、所述 DC 转 AC 单元、所述储能单元中，任意两者通过在相连的直流线缆上耦合通信信号实现通信。

43、一种电源系统，其特征在于，包括：第一电源，DC 转 DC 单元，第二电源，第一级 DC 转 AC 单元和第二级 DC 转 AC 单元；

所述第一电源的输出端与所述 DC 转 DC 单元的输入端耦合；

所述 DC 转 DC 单元与所述第二电源的输出端串联耦合，耦合点为第一节点；

所述第一级 DC 转 AC 单元的输入负端与所述第二级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合，耦合点为第二节点；

所述 DC 转 DC 单元与所述第二电源的输出端串联耦合后，形成的正输出端为第一端口，所述第一端口与所述第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；

所述 DC 转 DC 单元与所述第二电源的输出端串联耦合后，形成的负输出端为第二端口，所述第二端口与所述第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合；

所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端输出隔离。

44、根据权利要求 43 所述的电源系统，其特征在于，

所述第一端口与所述第一级 DC 转 AC 单元的输入正端通过第一导线耦合，所述第二端口与所述第二级 DC 转 AC 单元的输入负端通过第二导线耦合，所述第一节点和所述第二节点通过第三导线耦合；

所述第三导线上的电流值小于或等于所述第一导线上的电流值；

或

所述第三导线上的电流值小于或等于所述第二导线上的电流值。

45、根据权利要求 44 所述的电源系统，其特征在于，

所述第一导线、所述第二导线、所述第三导线为直流导线；

所述第一导线、所述第二导线、所述第三导线构成分布式双母线，所述第一导线和所述第二导线构成正母线，所述第二导线和所述第三导线构成负母线；

所述第三导线为所述分布式双母线的中线。

46、根据权利要求 43 所述的电源系统，其特征在于，

所述第一节点与所述第二节点同时耦合接地。

47、根据权利要求 43 所述的电源系统，其特征在于，

所述电源系统还包括第一均衡电路单元，所述第一均衡电路单元配置有第一接口，第二接口和第三接口；

所述第一接口与所述第一节点耦合，所述第二接口与所述第一端口，所述第三接口与所述第二端口耦合，用于平衡所述 DC 转 DC 单元和所述第二电源的输出电压和/或功率和/或电流；

或者

所述第一接口与所述第二节点耦合，所述第二接口与所述第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合，所述第三接口与所述第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合，用于平衡所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输入电压和/或功率和/或电流。

48、根据权利要求 47 所述的电源系统，其特征在于，所述第一均衡电路单元还包括第四接口；

当所述第一接口与所述第一节点耦合时，所述第四接口与所述第二节点耦合；

当所述第一接口与所述第二节点耦合时，所述第四接口与所述第一节点耦合。

49、根据权利要求 43 所述的电源系统，其特征在于，所述电源系统还包括第二均衡电路单元，所述第二均衡的线路单元配置有第五接口和第六接口；

所述第五接口与所述第一节点耦合，所述第六接口与所述第一端口或者所述第六接口与所述第二端口耦合，用于平衡所述 DC 转 DC 单元和所述第二电源的输出电压和/或功率和/或电流；

或者

所述第五接口与所述第二节点耦合，所述第六接口与所述第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合或者所述第六接口与所述第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合，用于平衡所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输入电压和/或功率和/或电流。

50、根据权利要求 43 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合不同的变压器；或

所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合同一变压器的不同绕组。

51、根据权利要求 43 所述的电源系统，其特征在于，所述电源系统具体包括至少一对电源、至少一个所述 DC 转 DC 单元、至少一对直流转交流变换单元，一对所述电源包括所述第一电源和所述第二电源，一对所述直流转交流变换单元包括所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元；

至少一对所述电源、至少一个所述 DC 转 DC 单元、至少一对所述直流转交流变换单元耦合连接时，每一个所述 DC 转 DC 单元至少和一个所述第一电源耦合相连；

每一对所述直流转交流变换单元至少和一个所述 DC 转 DC 单元、一个所述第二电源耦合连接；或者每一对所述直流转交流变换单元同类输入端并联耦合，再和至少一个所述 DC 转 DC 单元、至少一个所述第二电源耦合相连。

52、根据权利要求 43 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元和/或

所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端与接地点之间耦合绝缘监测装置 IMD 设备，用于检测所述电源系统对地绝缘阻抗。

53、根据权利要求 43 所述的电源系统，其特征在于，所述第一电源、所述第二电源、所述 DC 转 DC 单元、所述第一级 DC 转 AC 单元、所述第二级 DC 转 AC 单元之间中任意两个通过直流线缆上耦合的通信信号通信。

54、根据权利要求 43 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元的输出端并联第一交流设备，所述第一交流设备与所述第一级 DC 转 AC 单元通过两者相连的交流线缆上耦合的通信信号通信；和/或

所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端并联第二交流设备，所述第二交流设备与所述第二级 DC 转 AC 单元通过两者相连的交流线缆上耦合的通信信号通信。

55、根据权利要求 43 所述的电源系统，其特征在于，
所述第一电源的输出正端和所述第一电源的输出负端耦合漏电流传感器；和/或
所述第二电源的输出正端和所述第二电源的输出负端耦合漏电流传感器；和/或
所述 DC 转 DC 单元的输入正端和所述 DC 转 DC 单元的输入负端耦合漏电流传感器；和/或
所述 DC 转 DC 单元的输出正端和所述 DC 转 DC 单元的输出负端耦合漏电流传感器；和/或

所述第一级 DC 转 AC 单元的输入正端和所述第一级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合漏电流传感器；和/或

所述第二级 DC 转 AC 单元的输入正端和所述第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合漏电流传感器；和/或

所述第一级 DC 转 AC 单元的内部输出相线耦合漏电流传感器；和/或

所述第二级 DC 转 AC 单元的内部输出相线耦合漏电流传感器；

当所述漏电流传感器检测到漏电流值大于预设阈值时，所述第一电源和/或所述第一级 DC 转 AC 单元和/或所述第二级 DC 转 AC 单元和/或所述 DC 转 DC 单元和/或所述第二电源上报告警和/或所述电源系统停止工作。

56、根据权利要求 43 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元的内部输出相线和/或所述第二级 DC 转 AC 单元的内部输出相线串联至少一个开关，所述开关为继电器或断路器或接触器。

57、根据权利要求 43 所述的电源系统，其特征在于，所述第一电源和/或所述第二电源为光伏阵列和/或储能电源和/或风力发电直流源；

所述光伏阵列由光伏电池板串/并联组合构成或者由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成。

58、根据权利要求 57 所述的电源系统，其特征在于，所述 DC 转 DC 单元的输入负端与输出正端直接耦合连接，或者只有小电压降的连接；或者

所述 DC 转 DC 单元的输入正端和输出负端直接耦合连接，或者只有小电压降的连接。

59、根据权利要求 57 所述的电源系统，其特征在于，所述第一节点和/或所述第二节

点耦合接地。

60、根据权利要求 57 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元或所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端对应变压器绕组的中性点与接地点之间耦合电压源，用于调节所述中性点对地的电位；或

所述第一级 DC 转 AC 单元或所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线与接地点之间耦合电压源，用于调节对应输出相线对地的电位；或

所述第一级 DC 转 AC 单元或所述第二级 DC 转 AC 单元的输出侧外部相线与接地点之间耦合电压源，用于调节对应输出相线对地的电位。

61、根据权利要求 57 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元或所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端对应变压器绕组的中性点耦合接地或通过限流装置耦合接地，用于使得中性点对地电压接近或等于 0V。

62、根据权利要求 57 所述的电源系统，其特征在于，当所述第一级 DC 转 AC 单元和所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端分别耦合同一变压器的不同绕组时，所述第一级 DC 转 AC 单元输出端对应变压器绕组的中性点和所述第二级 DC 转 AC 单元输出端对应绕组的中性点通过两个串联电阻或者限流装置耦合相连，且两个所述串联电阻或者两个所述限流装置的中点耦合接地。

63、根据权利要求 57 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元内部还包括第一 AC 转 DC 隔离单元；

所述第一电源和所述第二电源为光伏阵列；

所述第一 AC 转 DC 隔离单元的输入端与所述第一级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线耦合；

所述第一 AC 转 DC 隔离单元的第一输出端耦合接地，所述第一 AC 转 DC 隔离单元的第二输出端与所述第一级 DC 转 AC 单元的输入正端和/或输入负端耦合；

所述第一 AC 转 DC 隔离单元用于调节所述第一电源和/或所述第二电源的输出对地电压；

和/或

所述第二级 DC 转 AC 单元内部还包括第二 AC 转 DC 隔离单元；

所述第二 AC 转 DC 隔离单元的输入端与所述第二级 DC 转 AC 单元的输出端内部相线耦合，所述第二 AC 转 DC 隔离单元的第一输出端耦合接地，所述第二 AC 转 DC 隔离单元的第二输出端与所述第二级 DC 转 AC 单元的输入正端和/或输入负端耦合；

所述第二 AC 转 DC 隔离单元用于调节所述第一电源和/或所述第二电源的输出对地电压。

64、根据权利要求 57 所述的电源系统，其特征在于，所述第一电源和/或所述第二电源为由光伏电池板输出接优化器或者关断器后再串/并联组合构成的光伏阵列时，所述优化器或所述关断器的输出端的直流线缆上耦合有通信信号，用于所述第一级 DC 转 AC 单元、所述第二级 DC 转 AC 单元、所述 DC 转 DC 单元中任意一个通过所述通信信号控制所述优化器或所述关断器，实现快速关断。

65、根据权利要求 57 所述的电源系统，其特征在于，所述第一级 DC 转 AC 单元、所述第二级 DC 转 AC 单元、所述 DC 转 DC 单元之间的直流线缆上耦合通信信号；

所述第一级 DC 转 AC 单元和/或所述第二级 DC 转 AC 单元通过所述通信信号控制所述 DC 转 DC 单元，用于实现所述 DC 转 DC 单元的输入端快速关断。

66、根据权利要求 57 所述的电源系统，其特征在于，还包括汇流箱；

所述汇流箱的输入端与多个所述第二电源的输出端耦合，所述汇流箱的输出正端与所述 DC 转 DC 单元的输出负端串联耦合，所述汇流箱的输出负端与所述第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合，所述 DC 转 DC 单元的输出正端与所述第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合；或

所述汇流箱的输入端与多个所述第二电源的输出端耦合，所述汇流箱的输出负端与所述 DC 转 DC 单元的输出正端串联耦合，所述汇流箱的输出正端与所述第一级 DC 转 AC 单元的输入正端耦合，所述 DC 转 DC 单元的输出负端与所述第二级 DC 转 AC 单元的输入负端耦合。

67、根据权利要求 57 所述的电源系统，其特征在于，还包括至少一个储能单元；

所述 DC 转 DC 单元、所述第二电源、所述第一级 DC 转 AC 单元、所述第二级 DC 转 AC 单元相连的至少两根直流线缆与所述储能单元并联耦合。

68、根据权利要求 57 所述的电源系统，其特征在于，所述第一电源、所述第二电源、所述储能单元、所述 DC 转 DC 单元、所述第一级 DC 转 AC 单元、所述第二级 DC 转 AC 单元中的任意两个之间通过相连的直流线缆上耦合的通信信号通信。

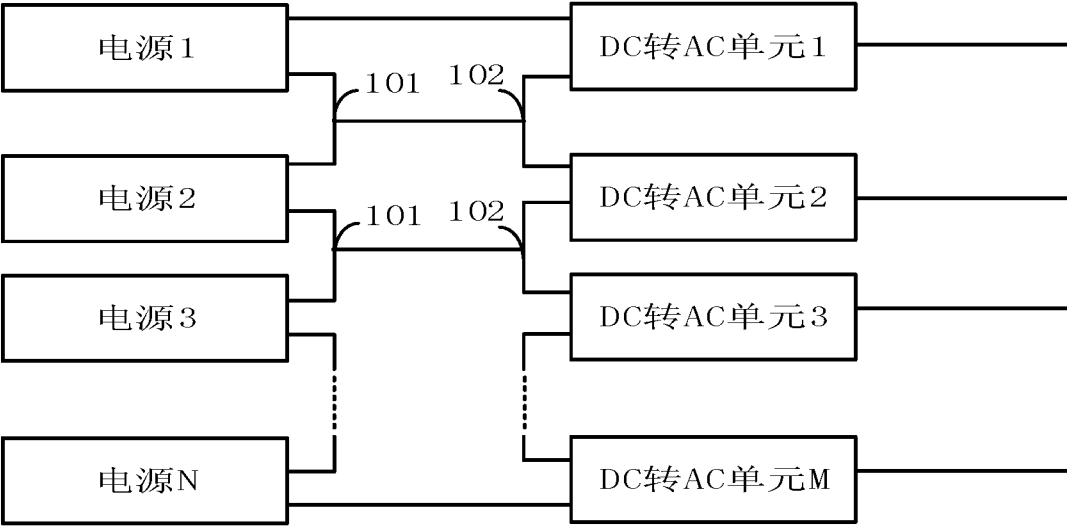


图 1



图 2

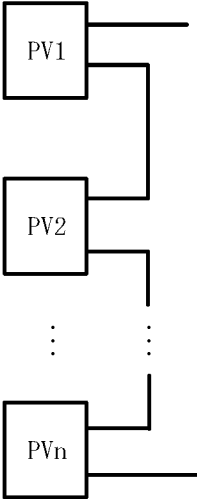


图 3a

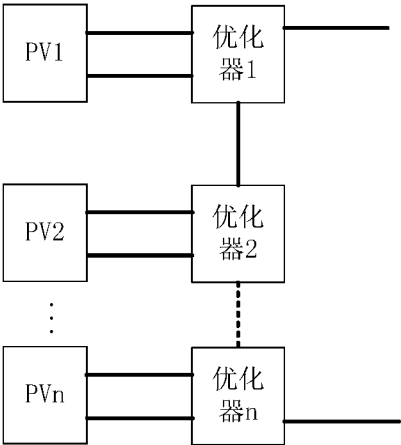


图 3b



图 4

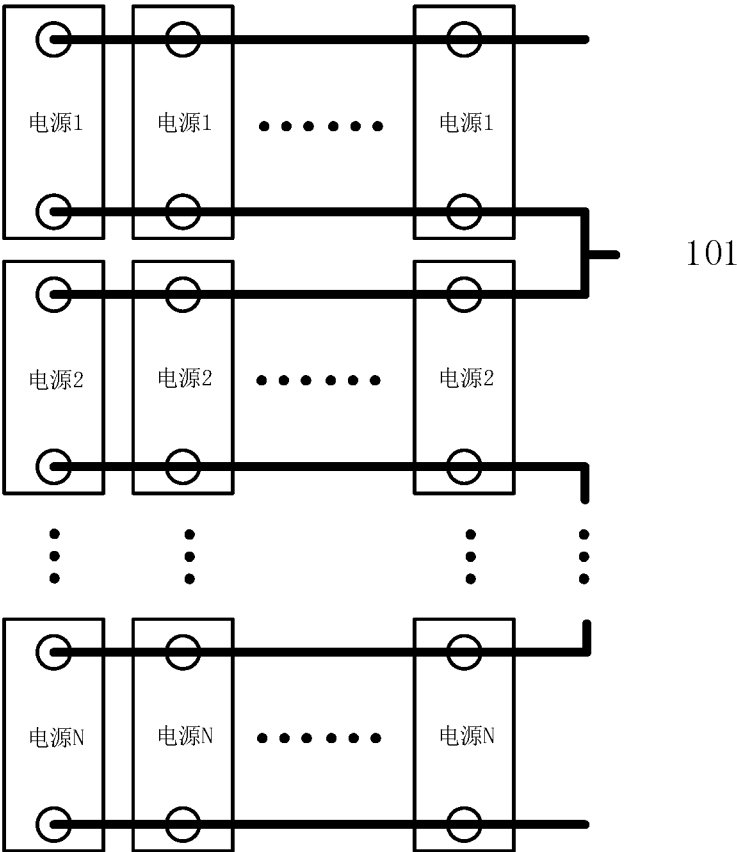


图 5a

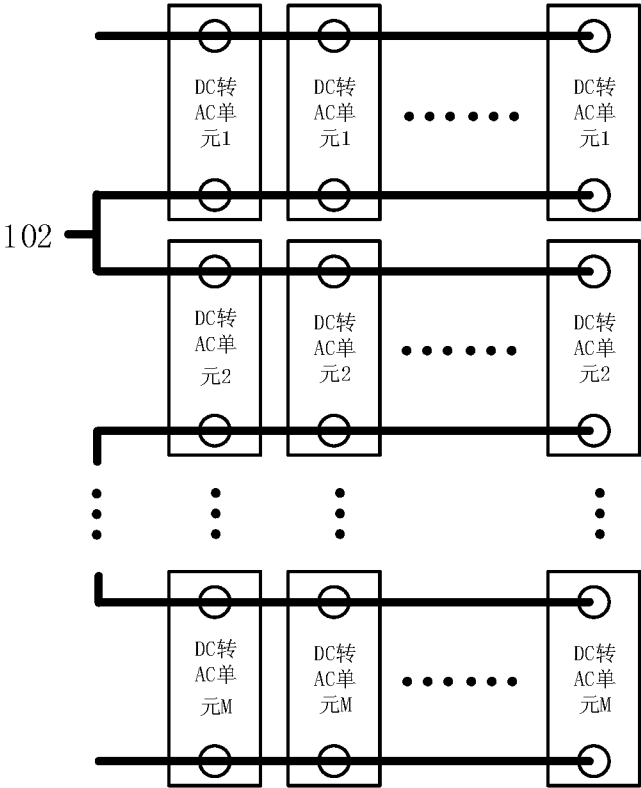


图 5b

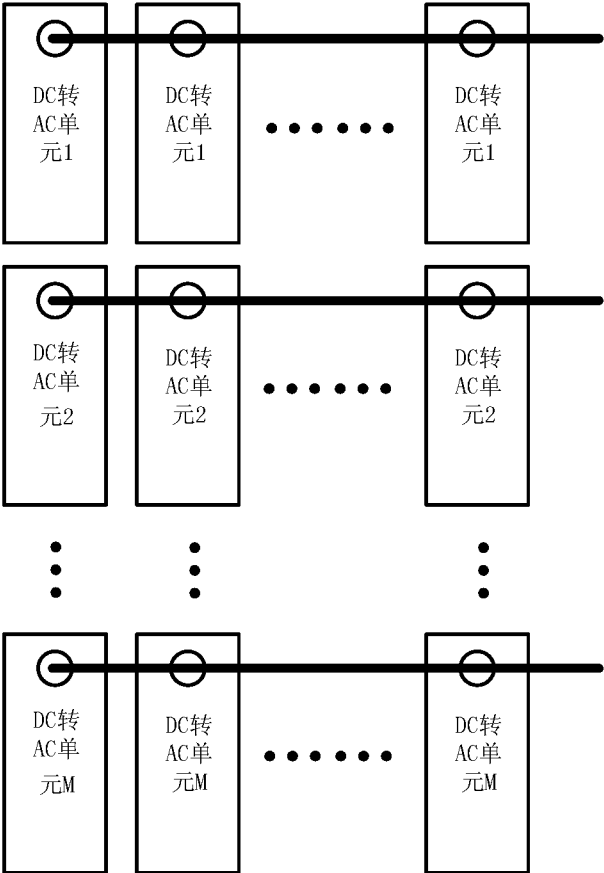


图 5c

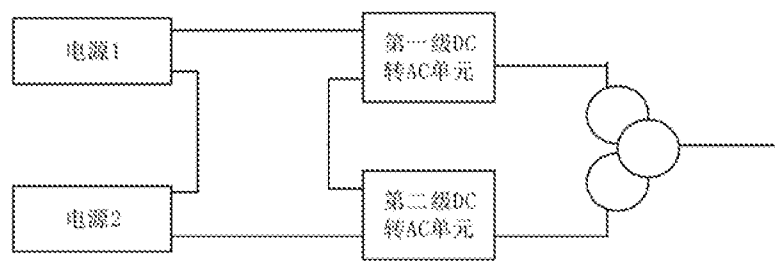


图 6

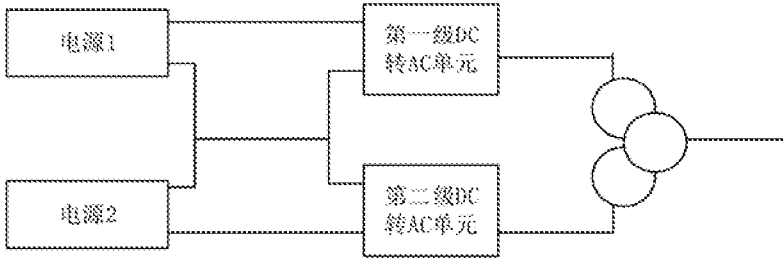


图 7

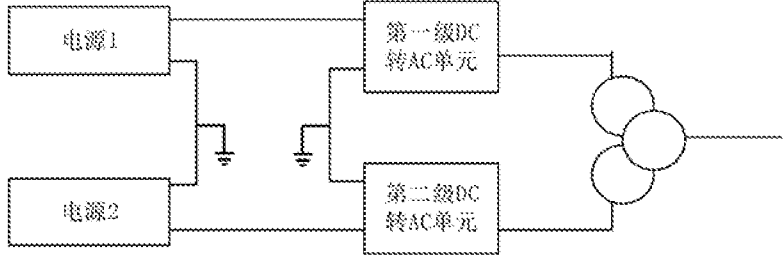


图 8

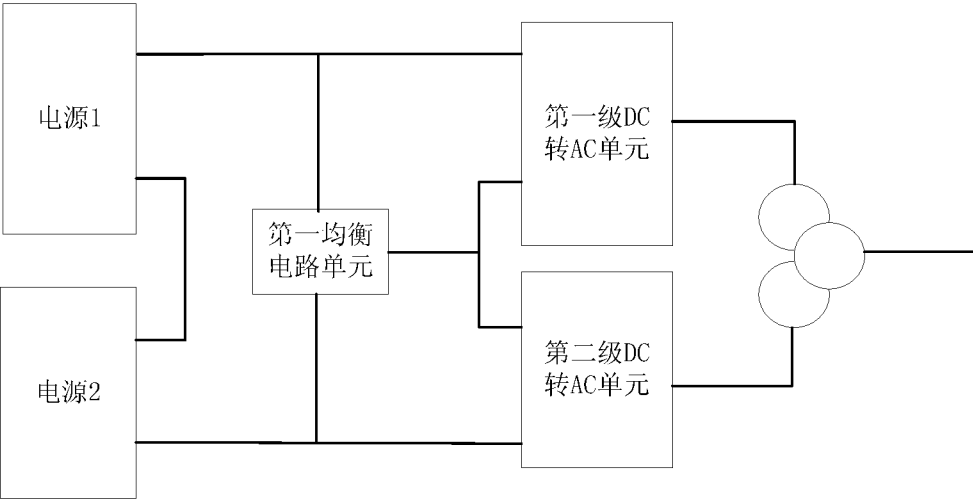


图 9a

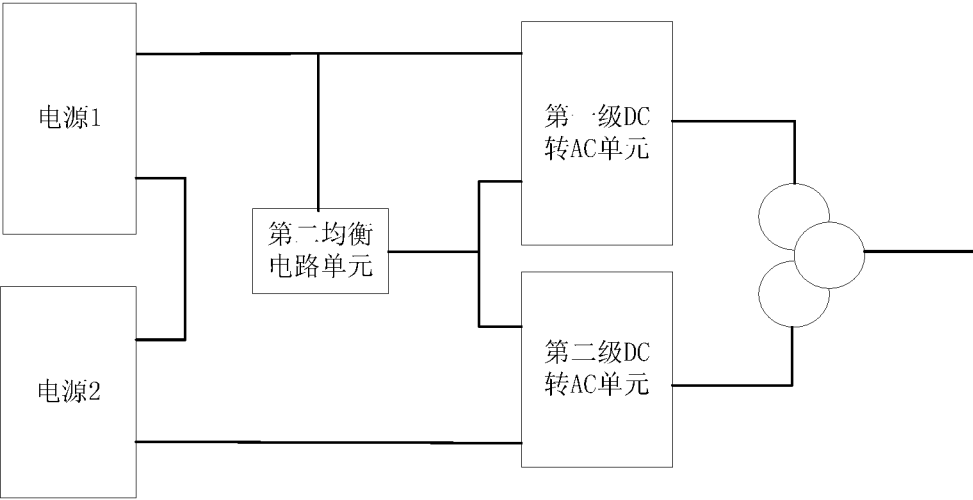


图 9b1

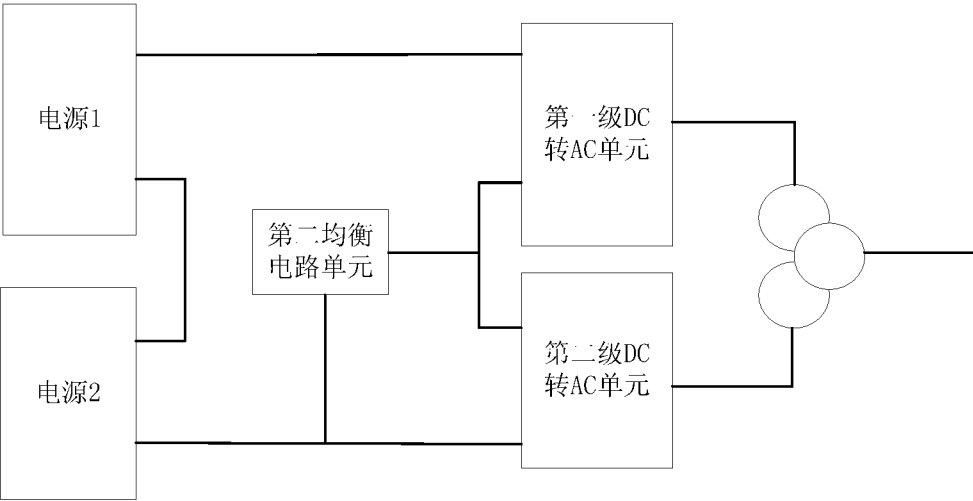


图 9b2

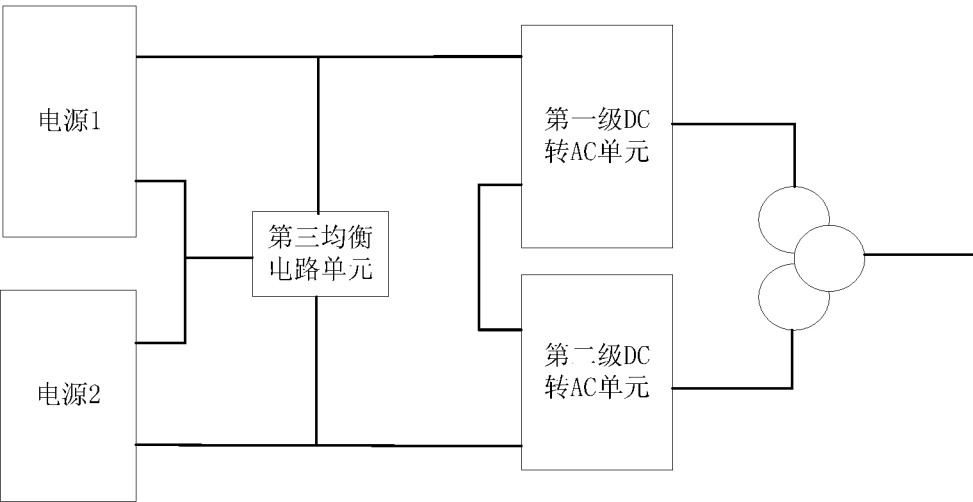


图 9c

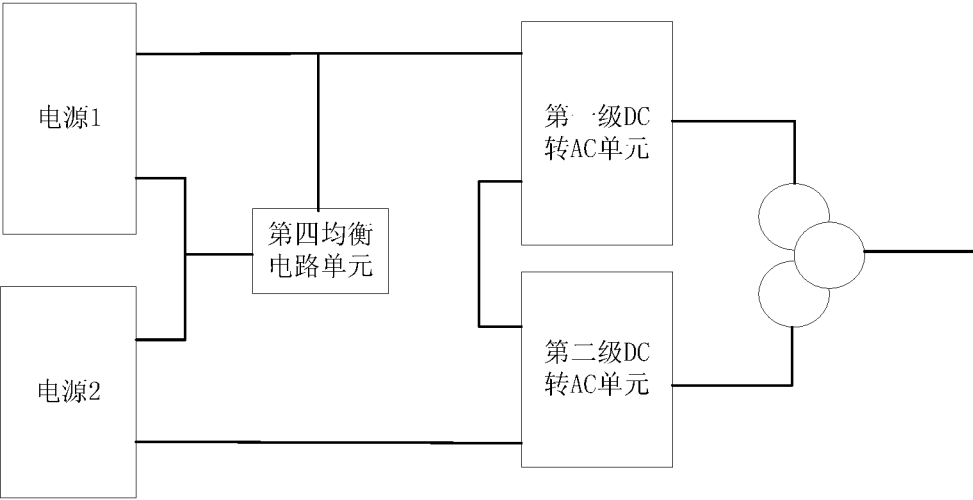


图 9d1

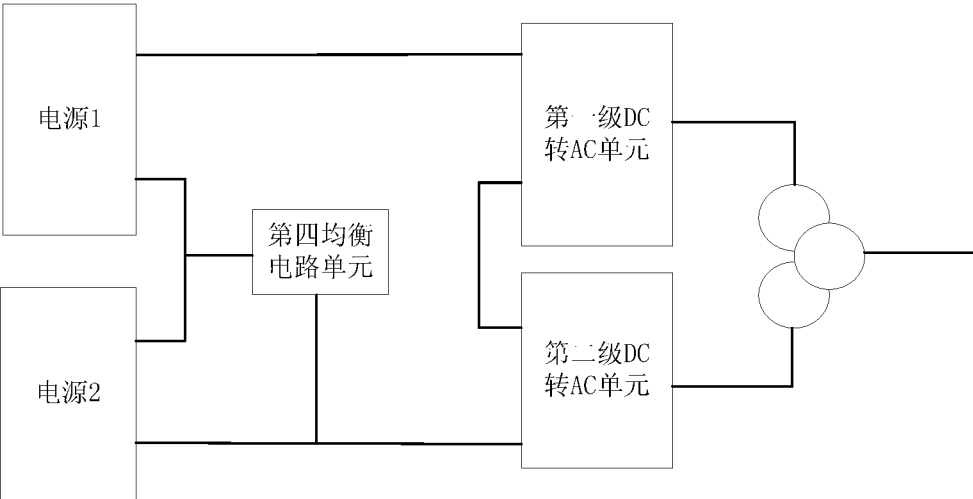


图 9d2

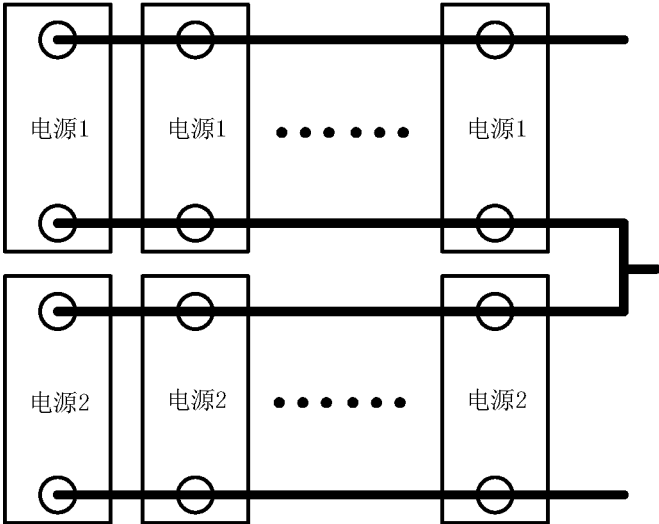


图 10a

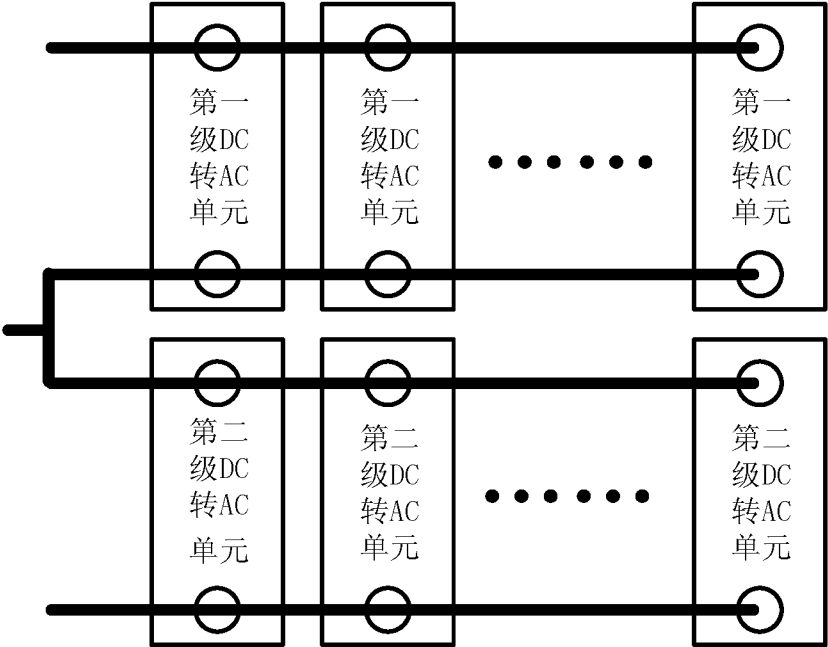


图 10b

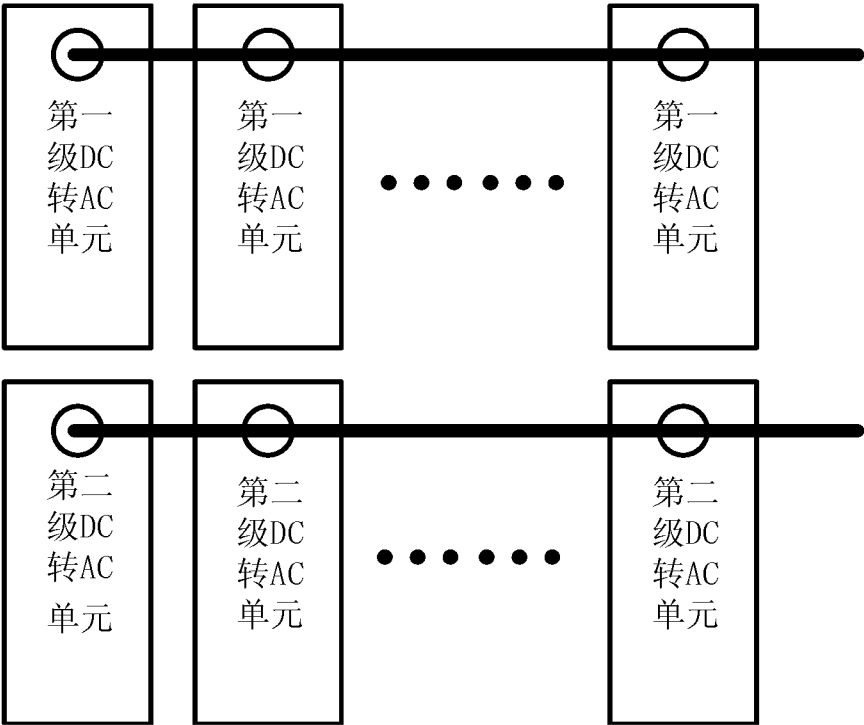


图 10c

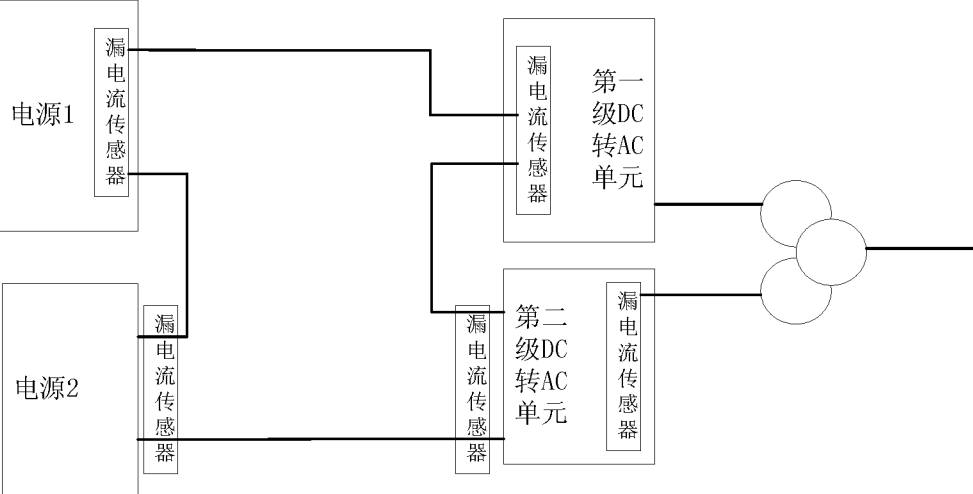


图 11

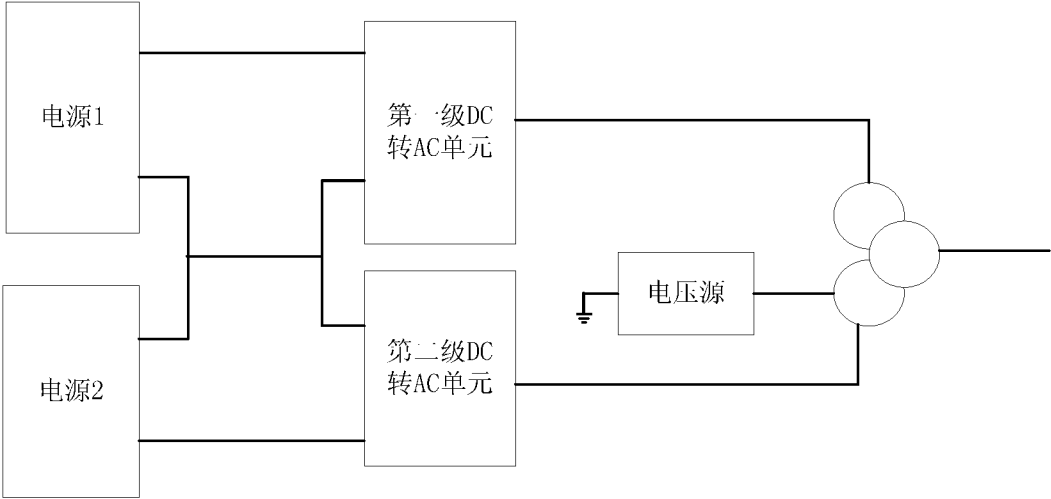


图 12a

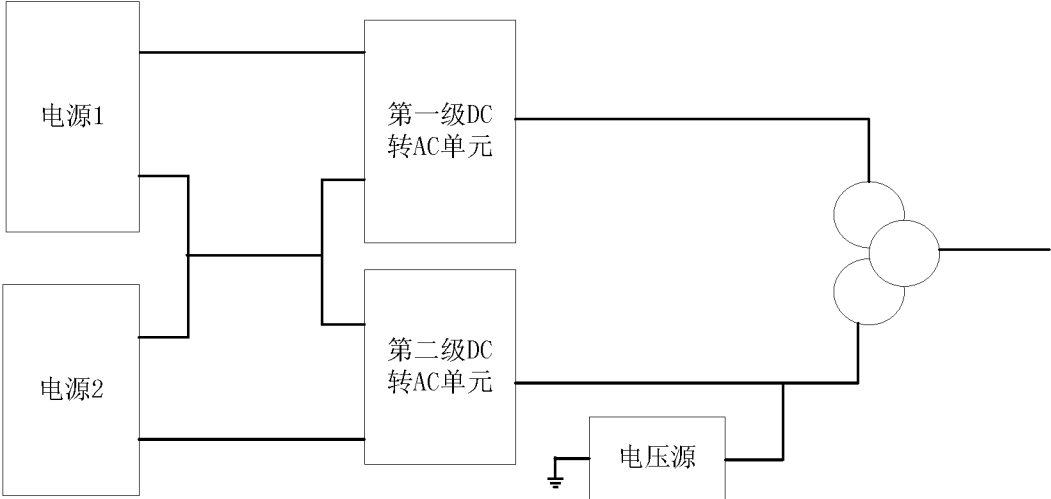


图 12b

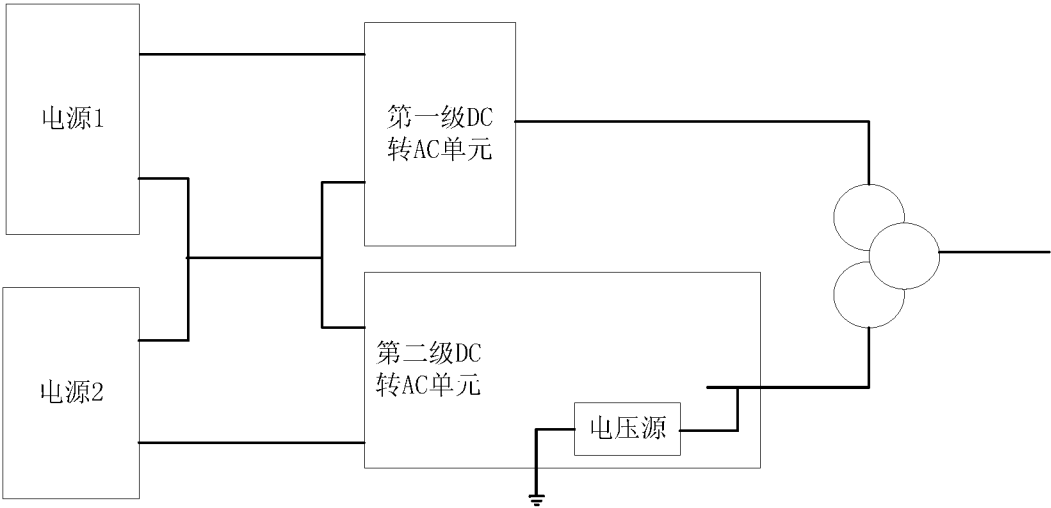


图 12c

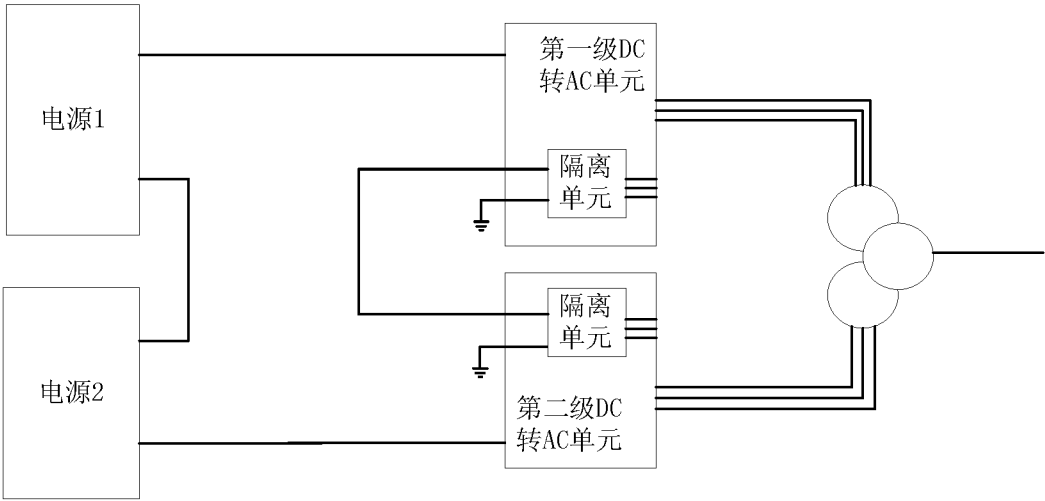


图 13

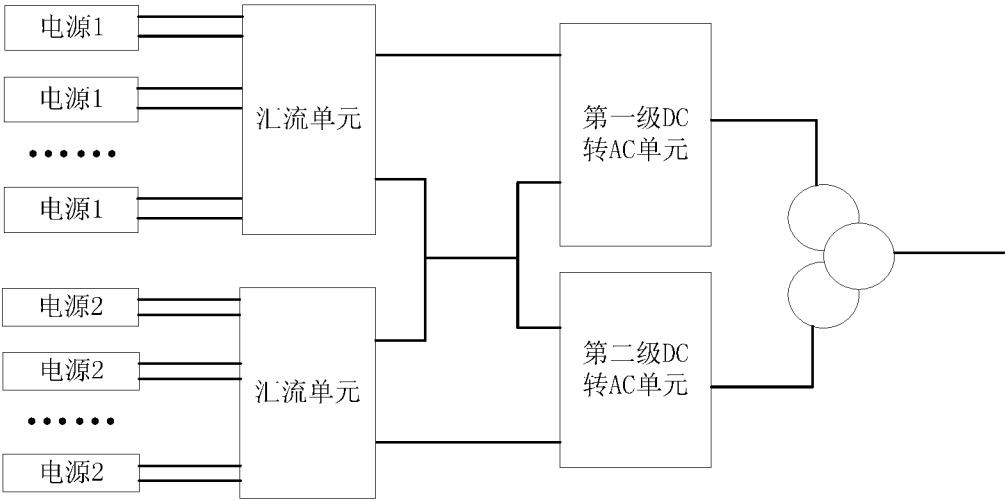


图 14a

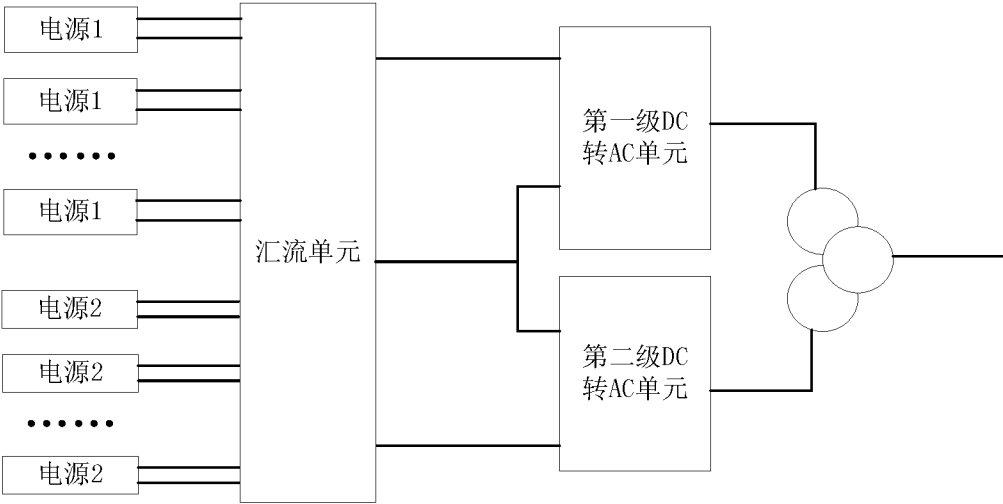


图 14b

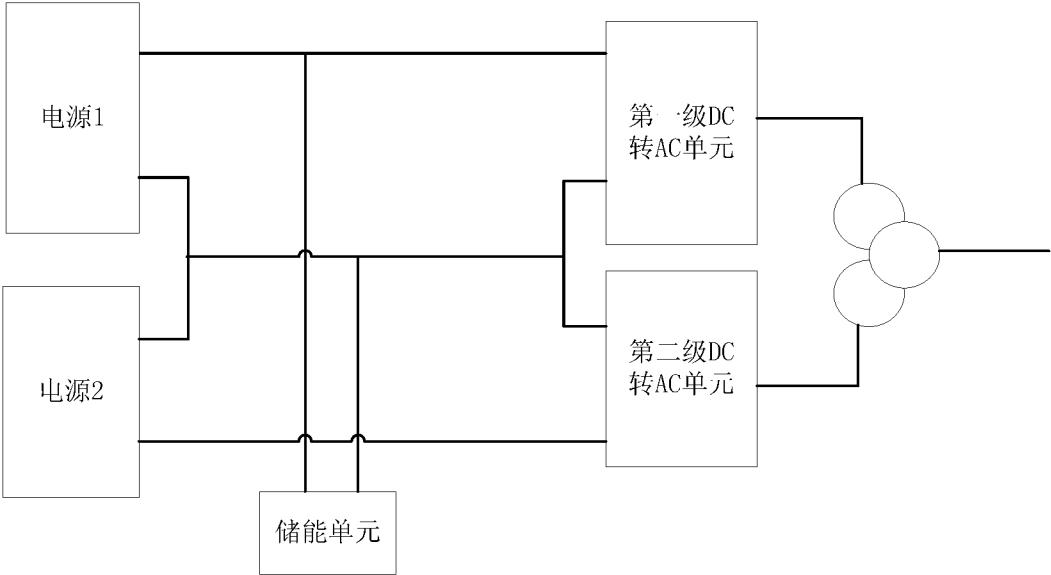


图 15a

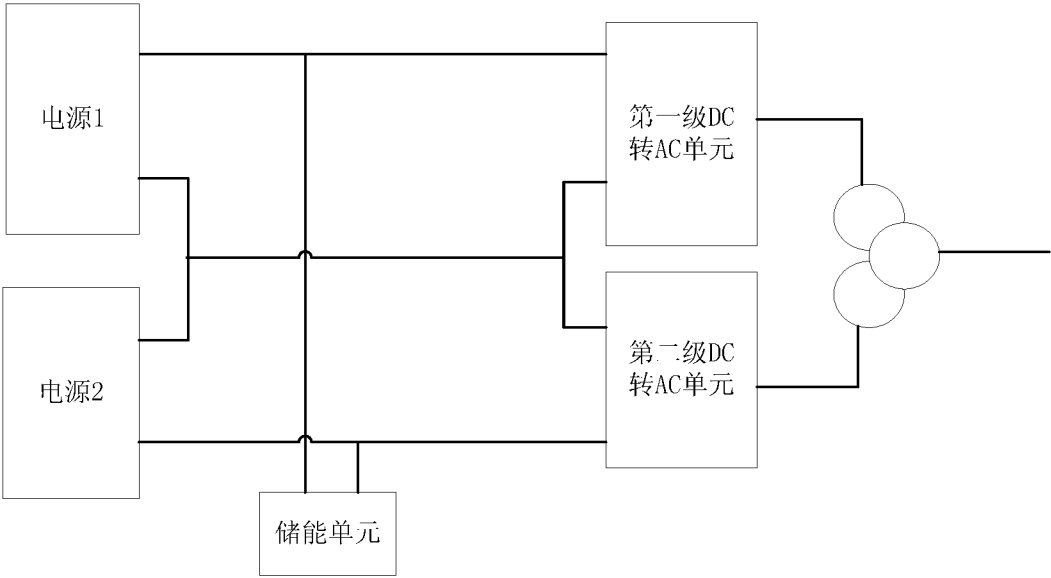


图 15b

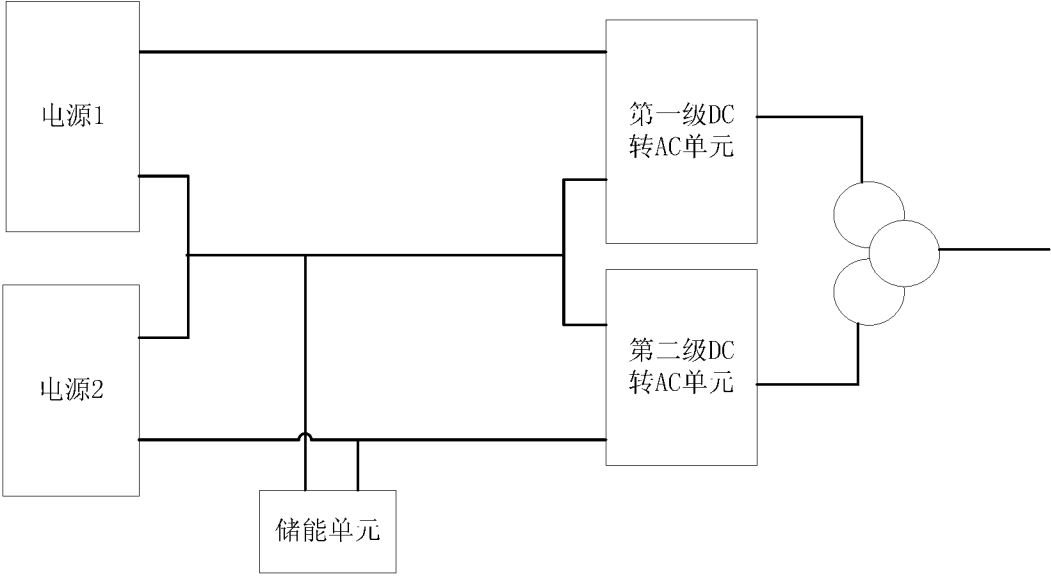


图 15c

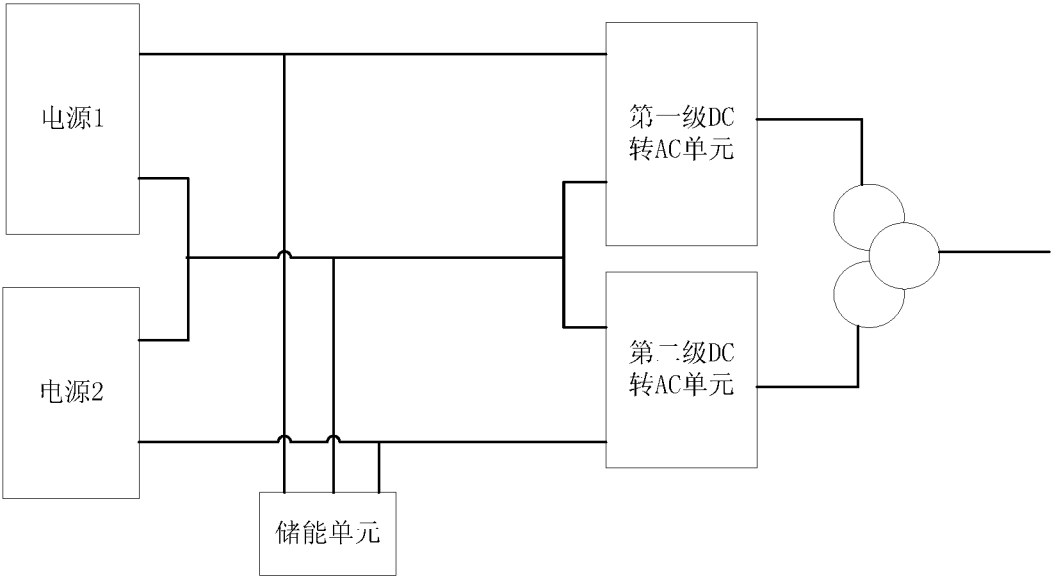


图 15d

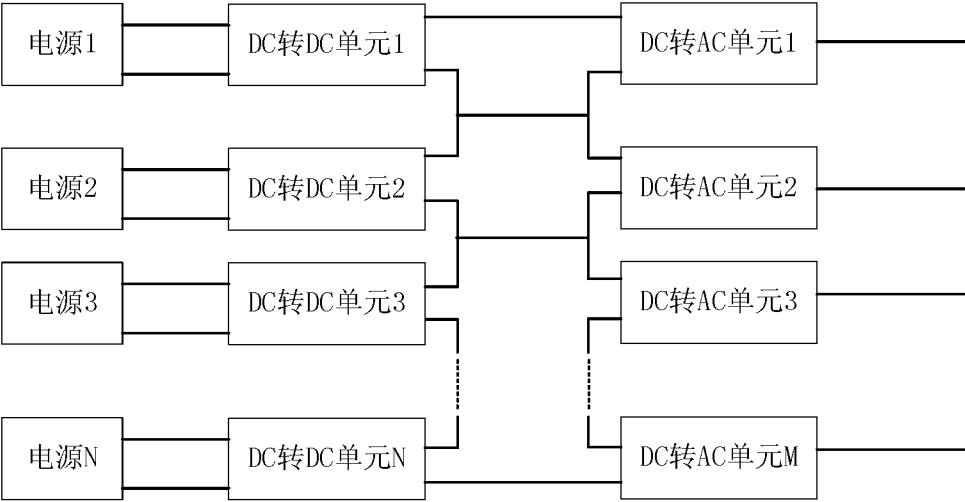


图 16



图 17

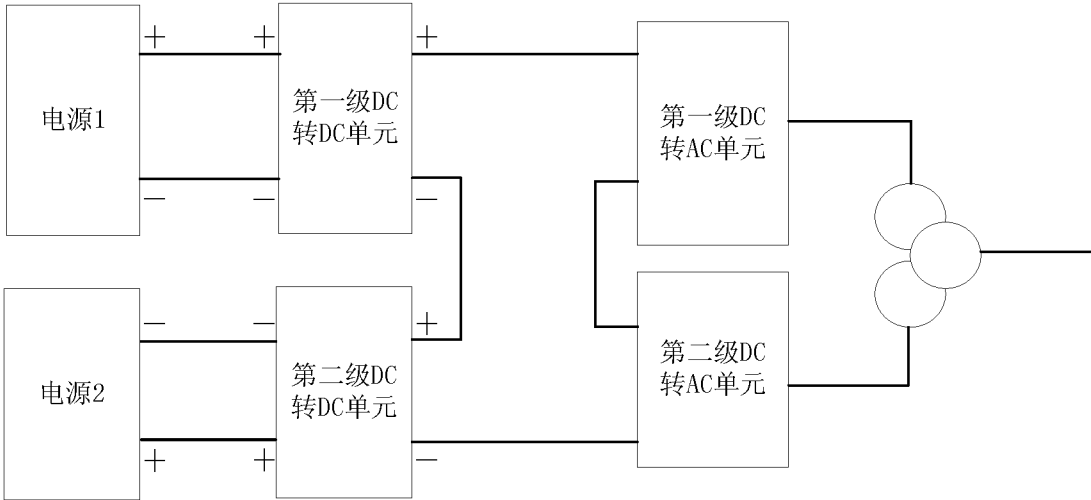


图 18

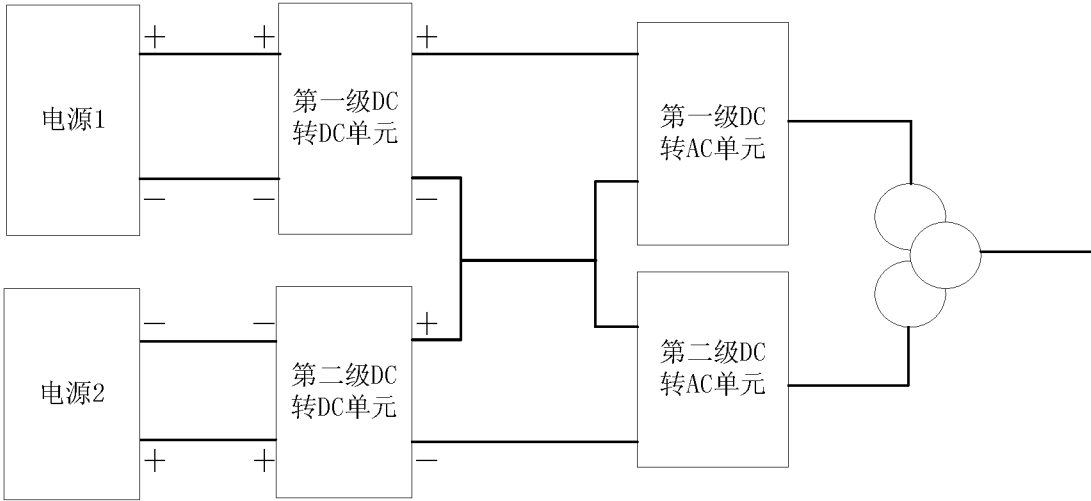


图 19

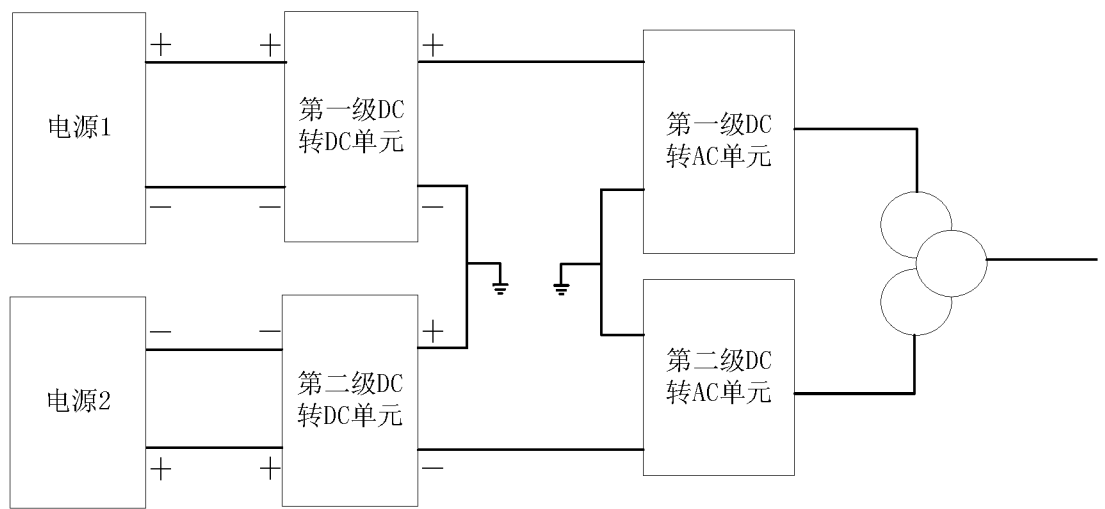


图 20

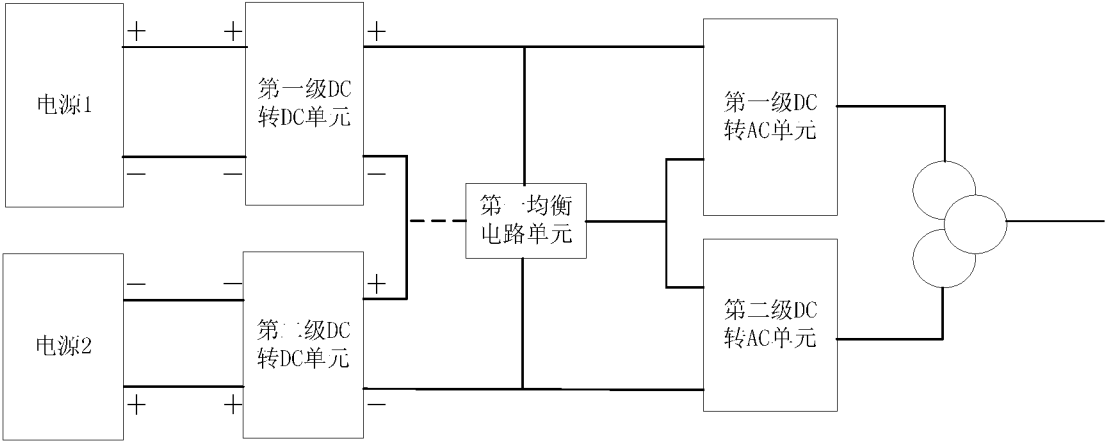


图 21

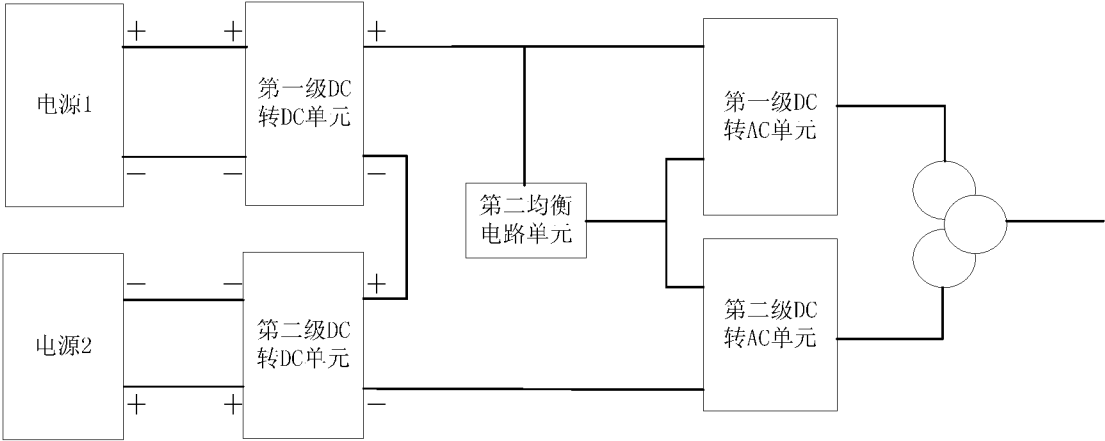


图 22a

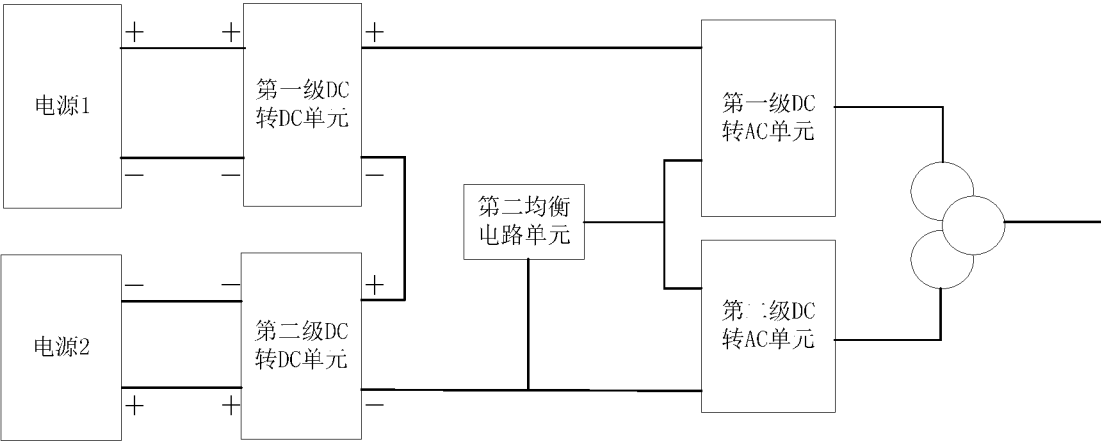


图 22b

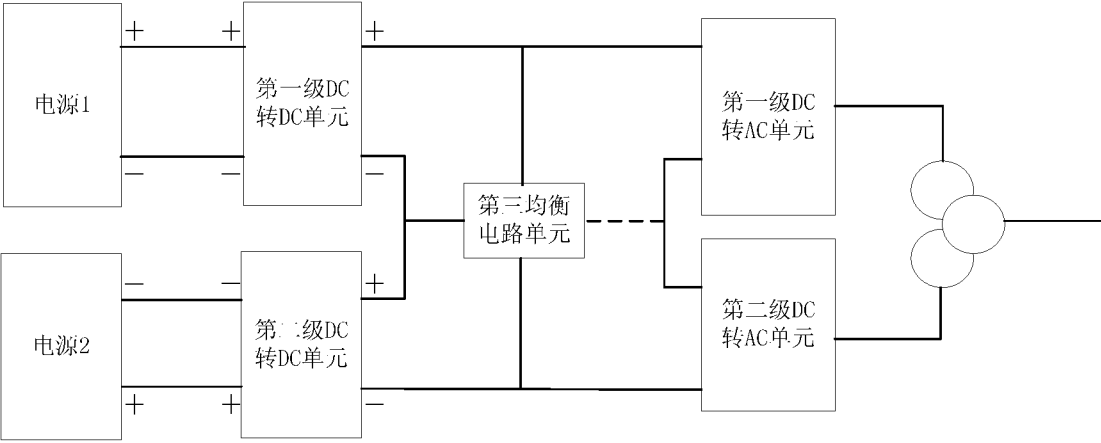


图 23

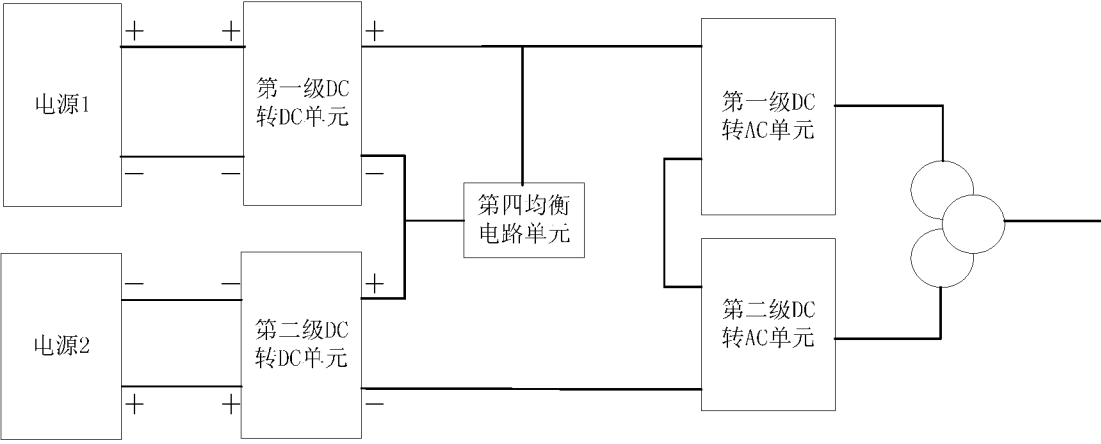


图 24a

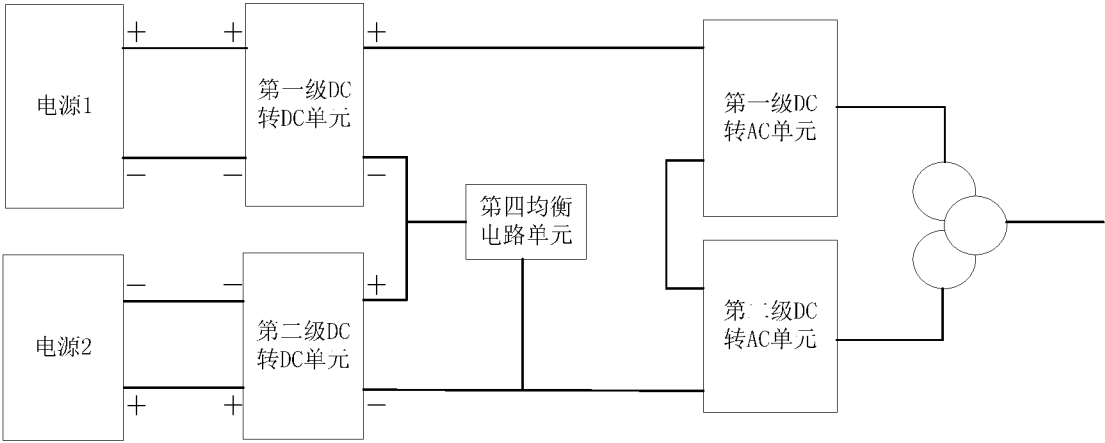


图 24b

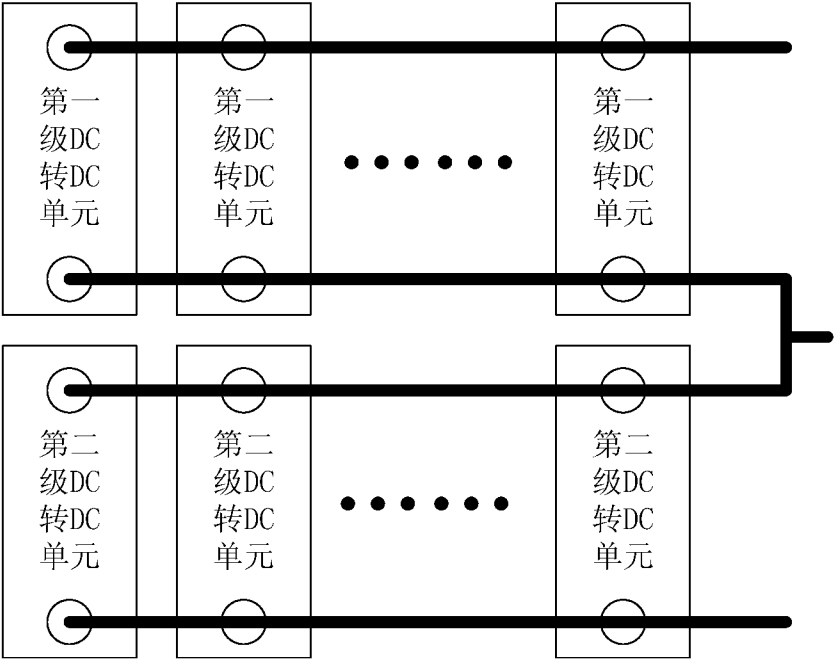


图 25

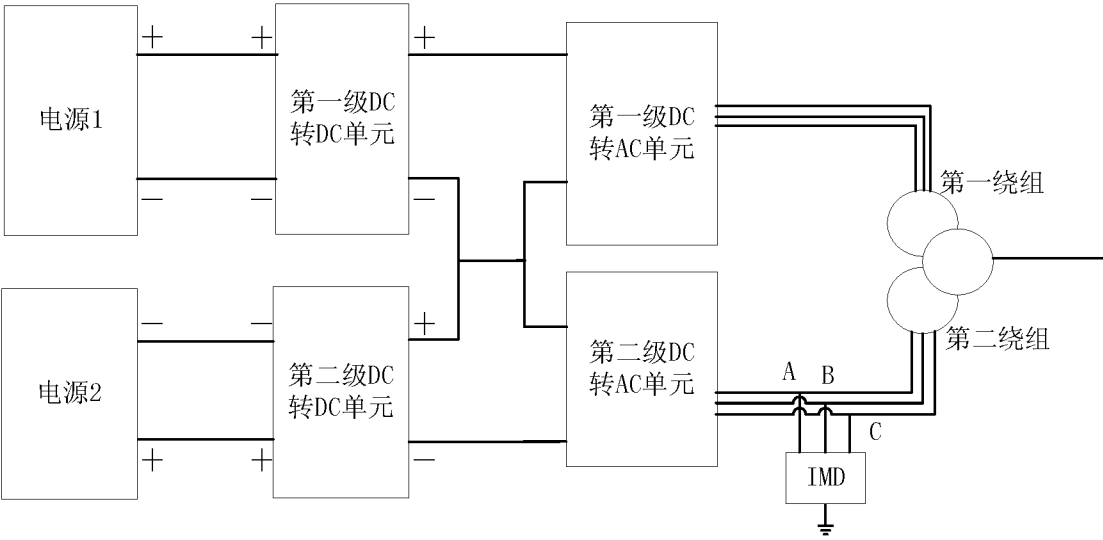


图 26

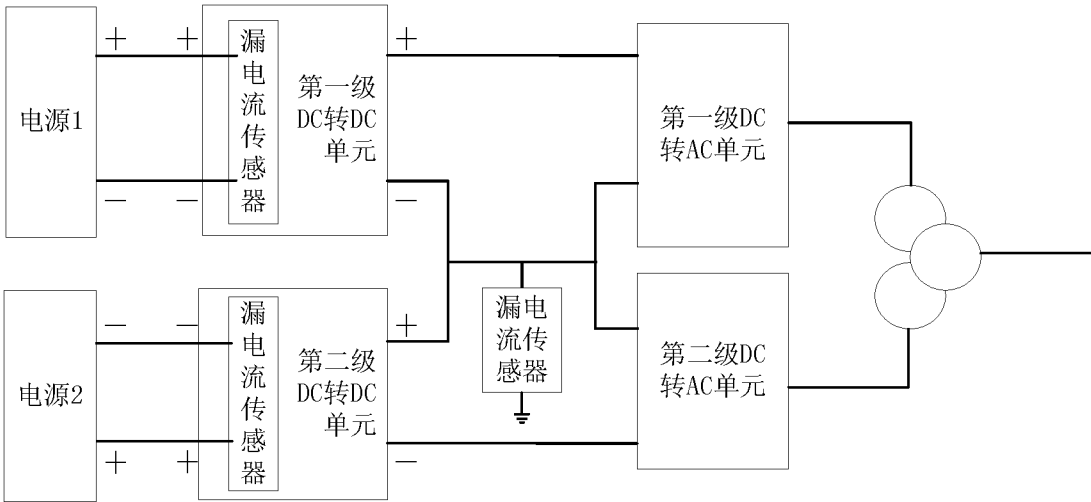


图 27

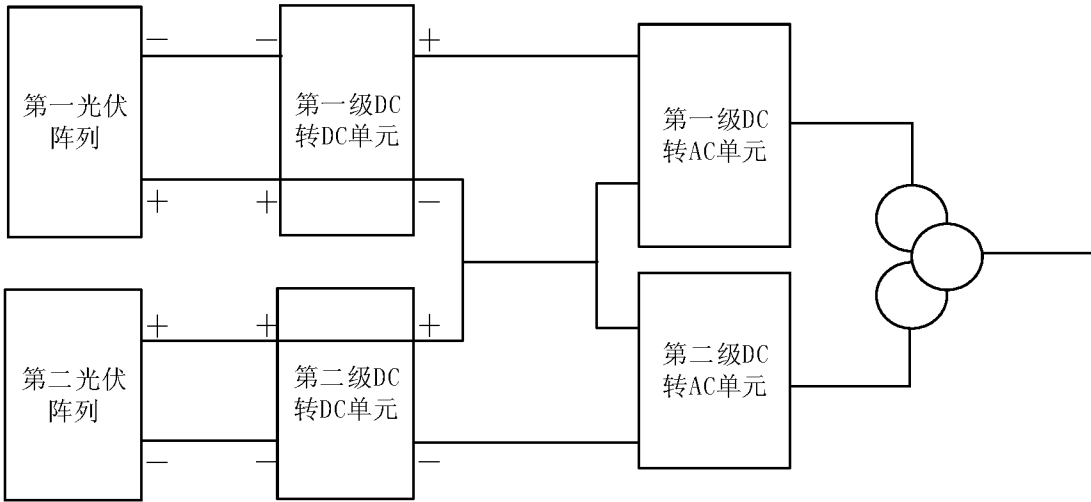


图 28

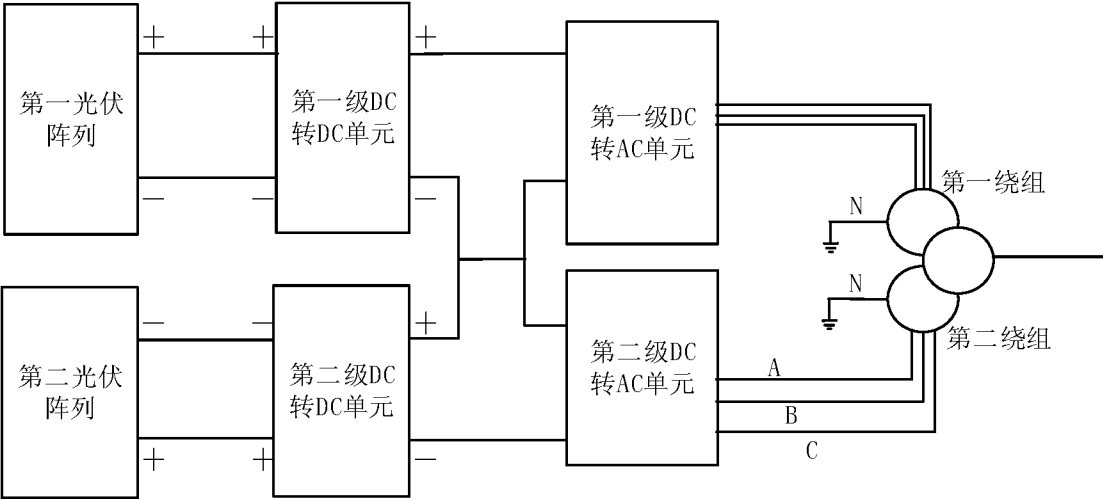


图 29

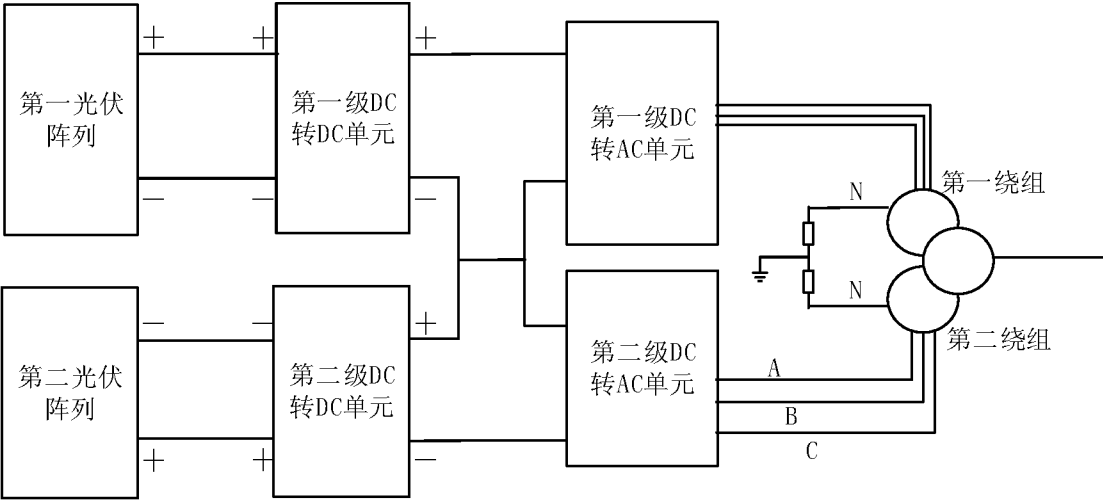


图 30

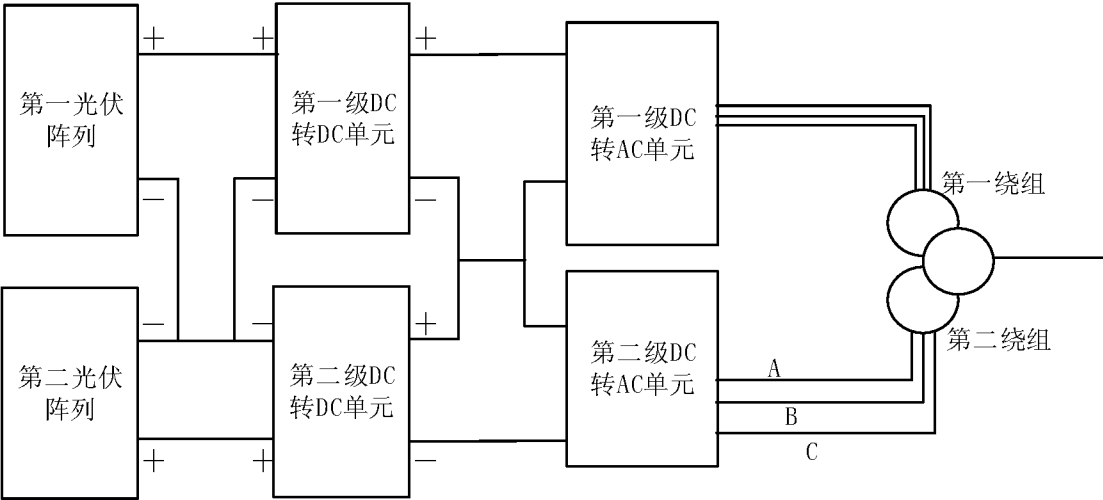


图 31

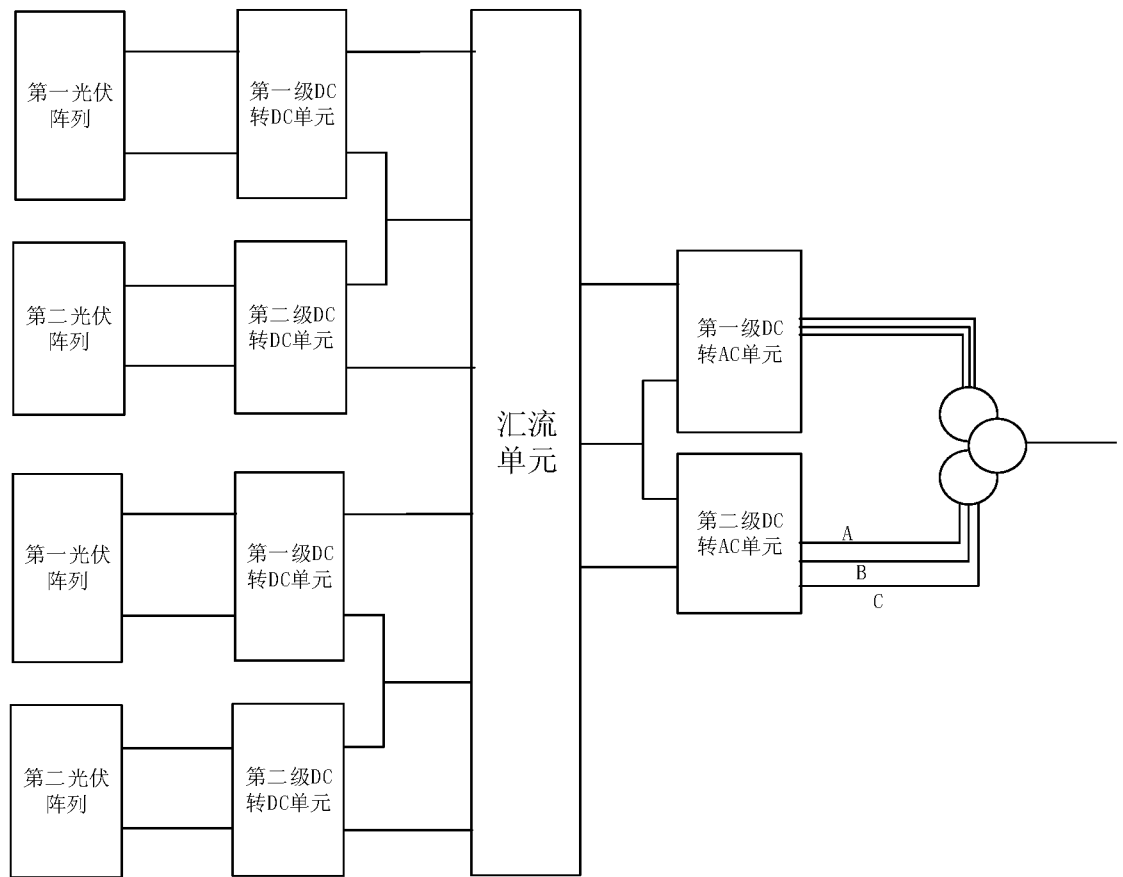


图 32a

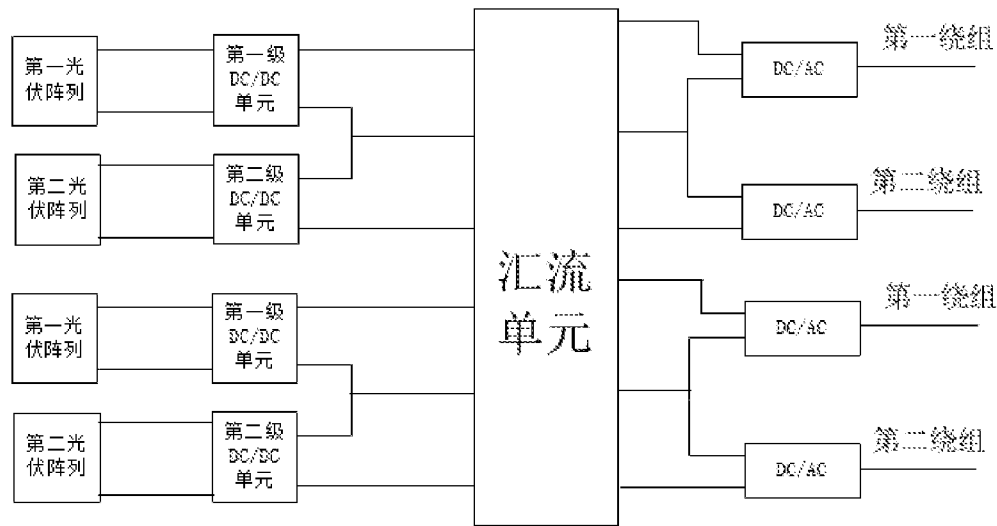


图 32b

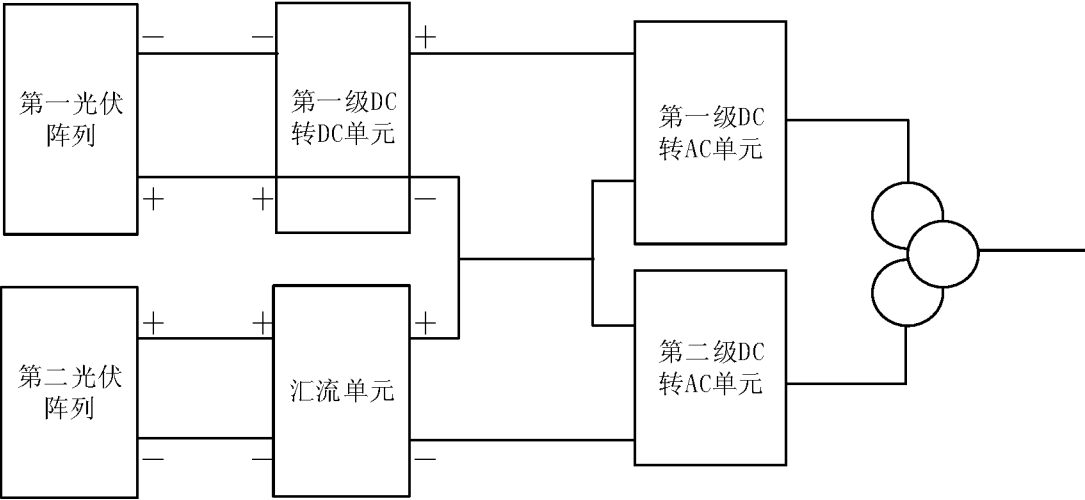


图 33

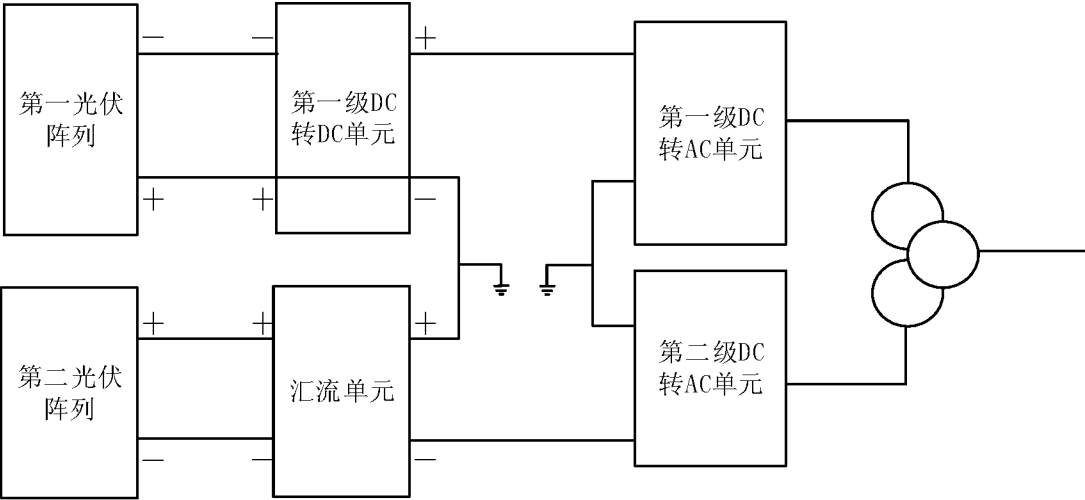


图 34

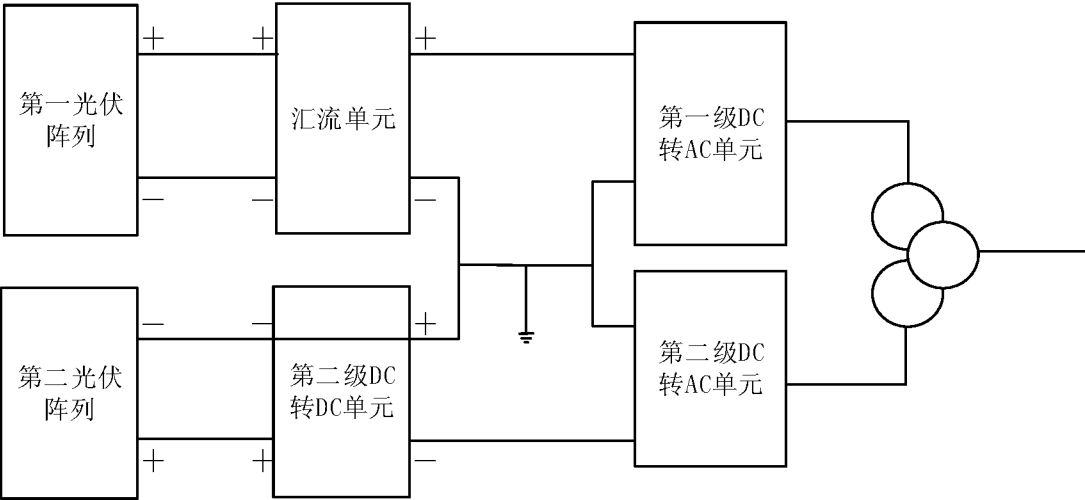


图 35

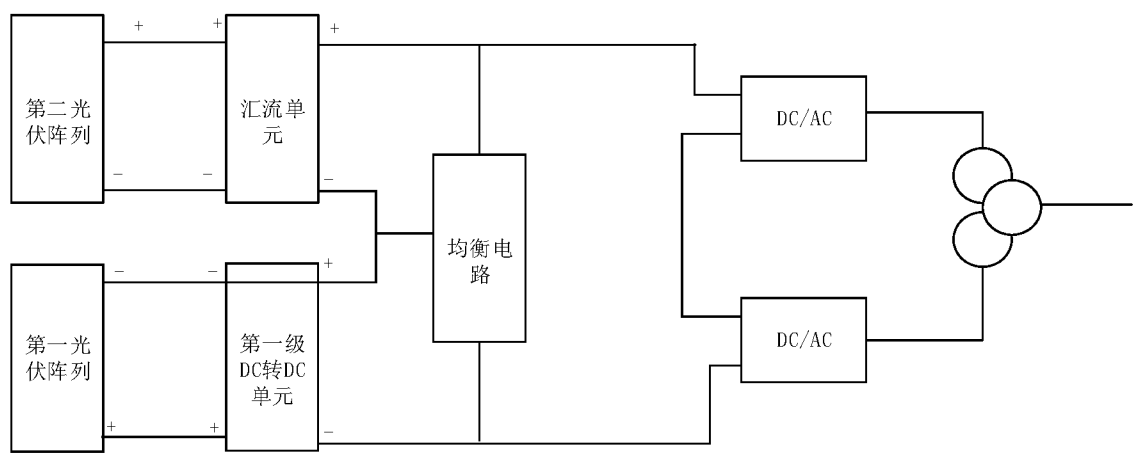


图 36

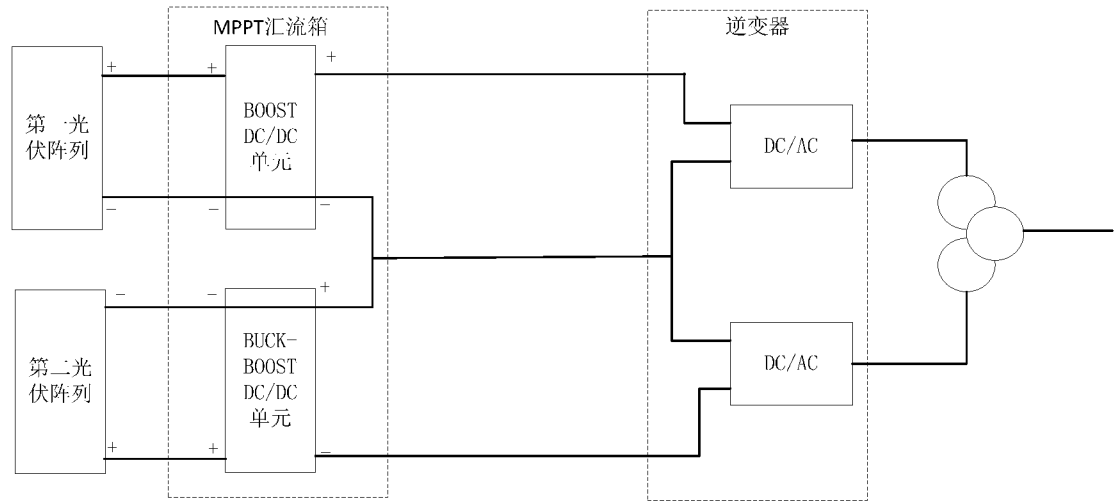


图 37

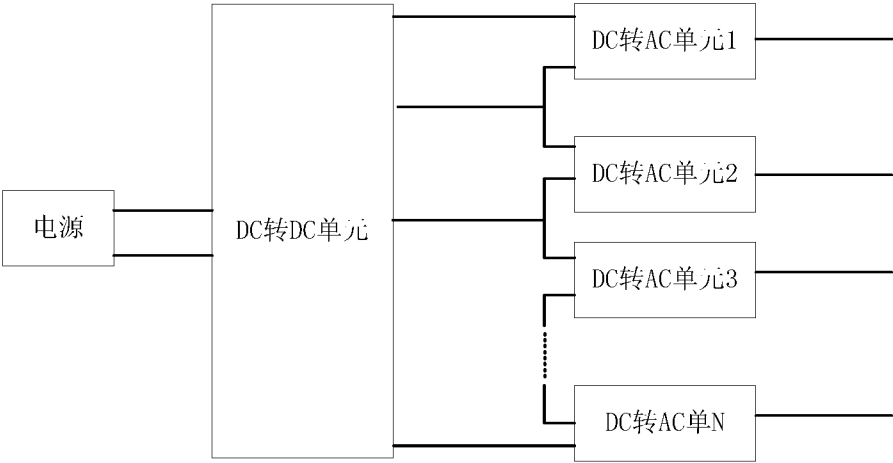


图 38

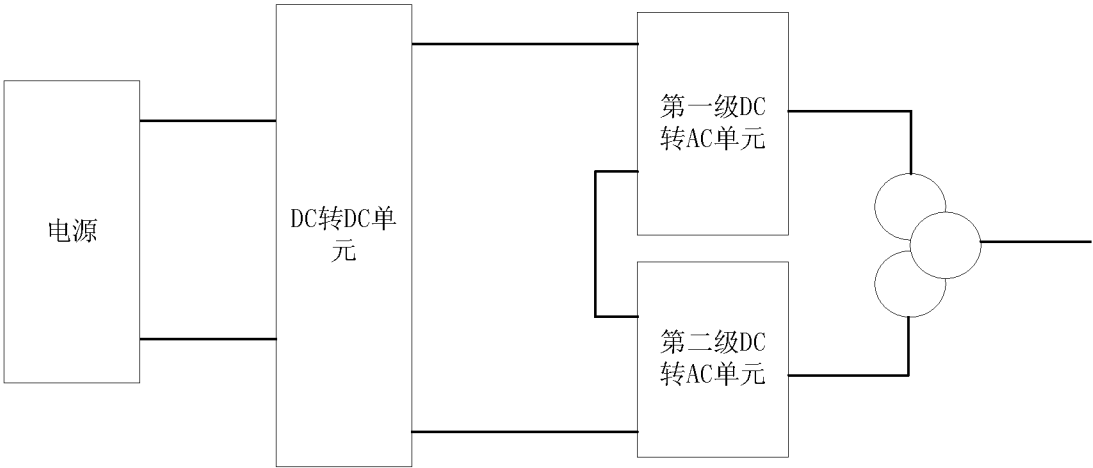


图 39

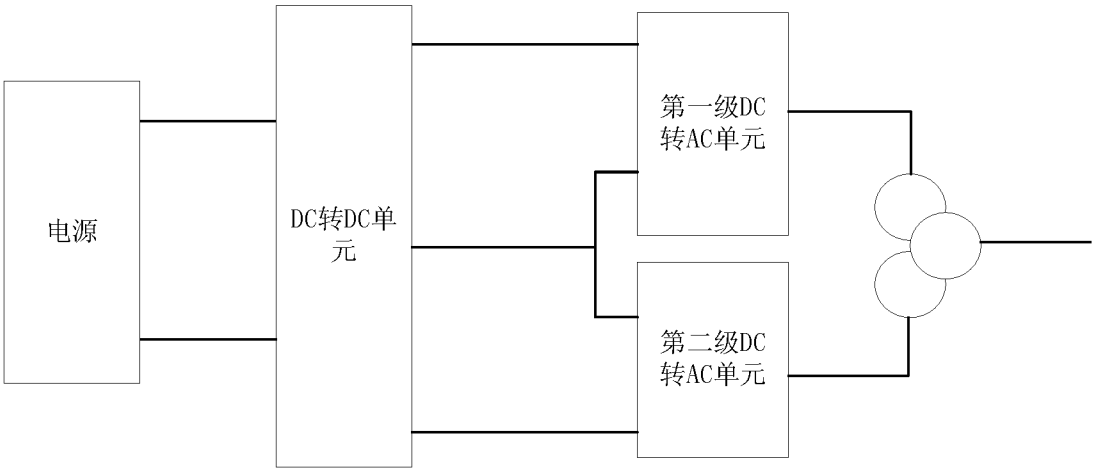


图 40

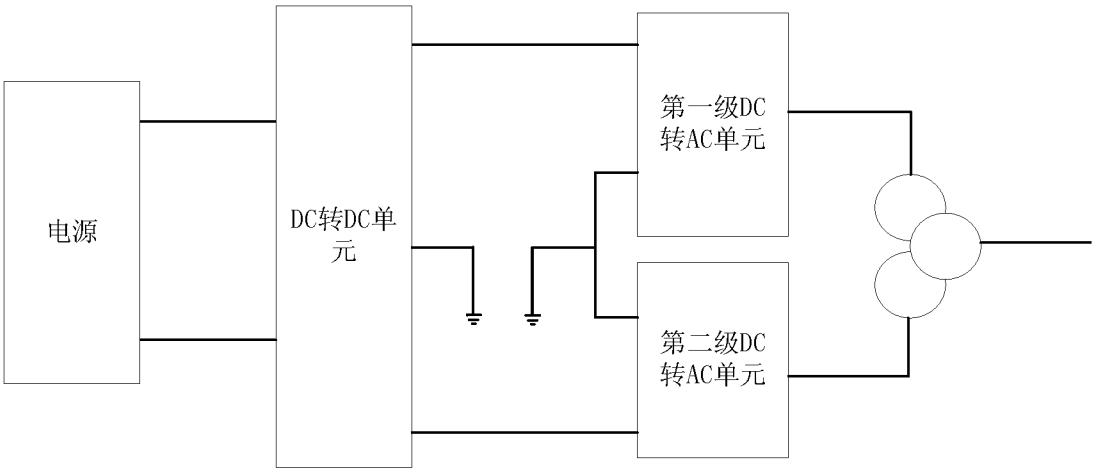


图 41

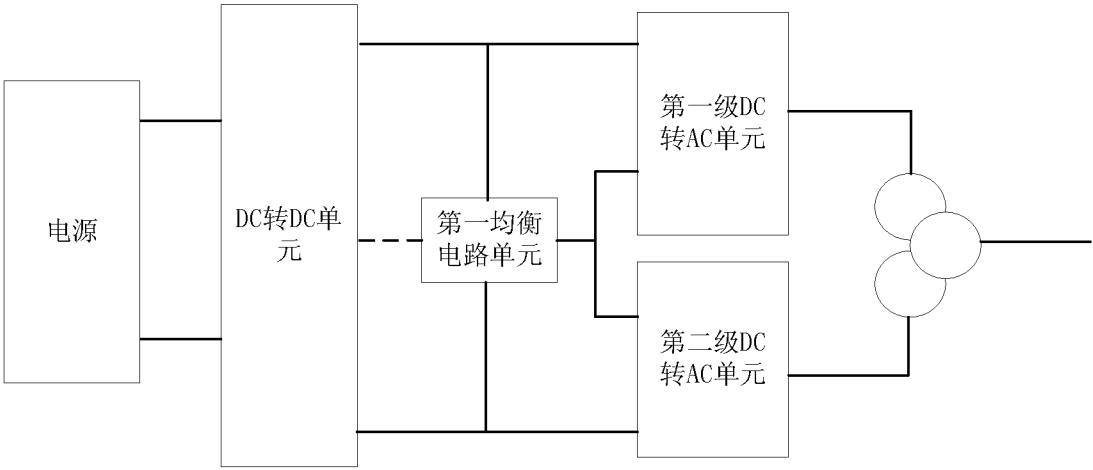


图 42

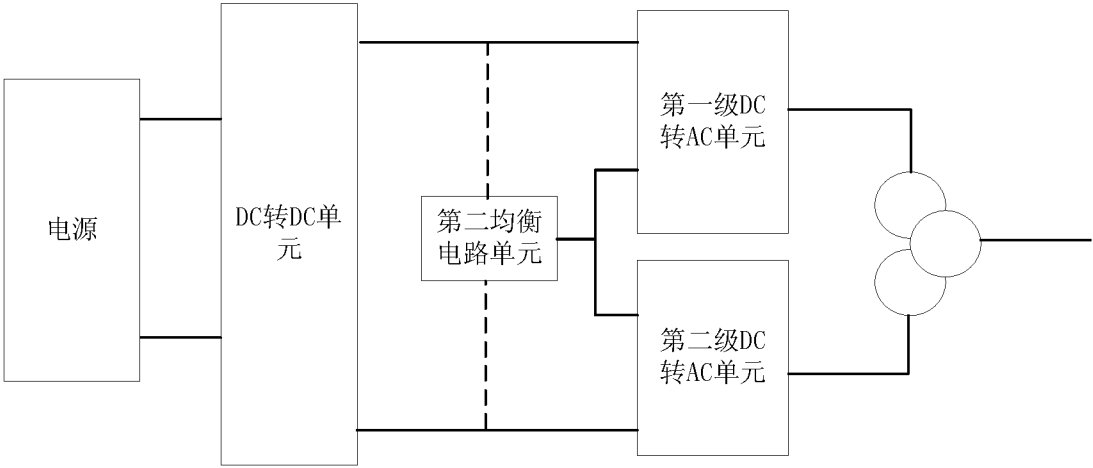


图 43

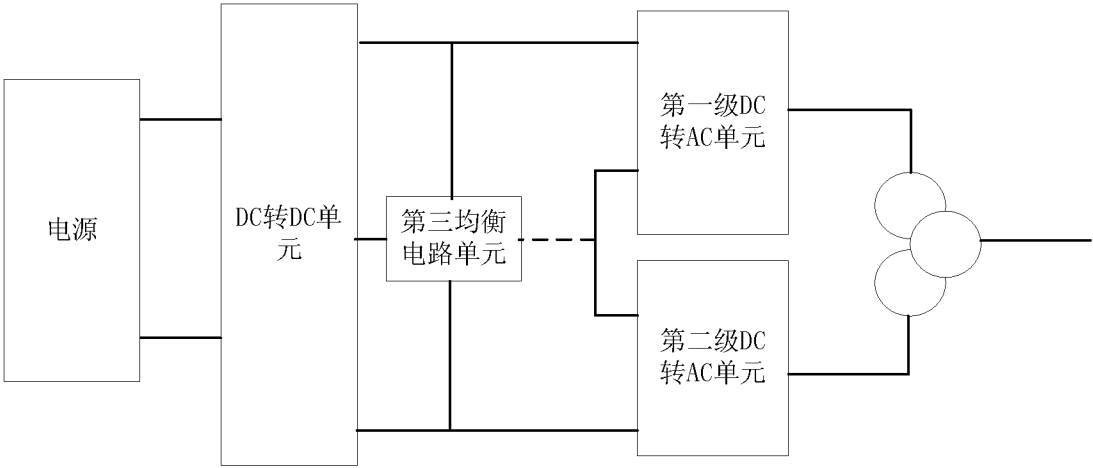


图 44

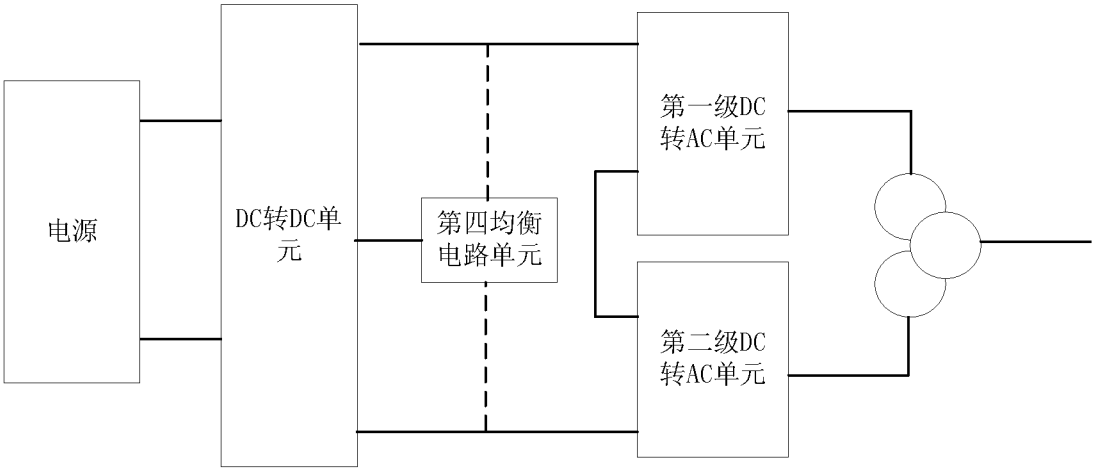


图 45

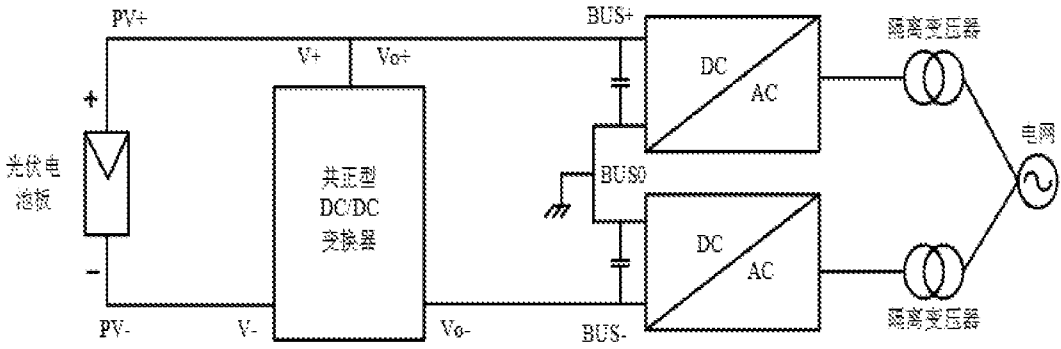


图 46

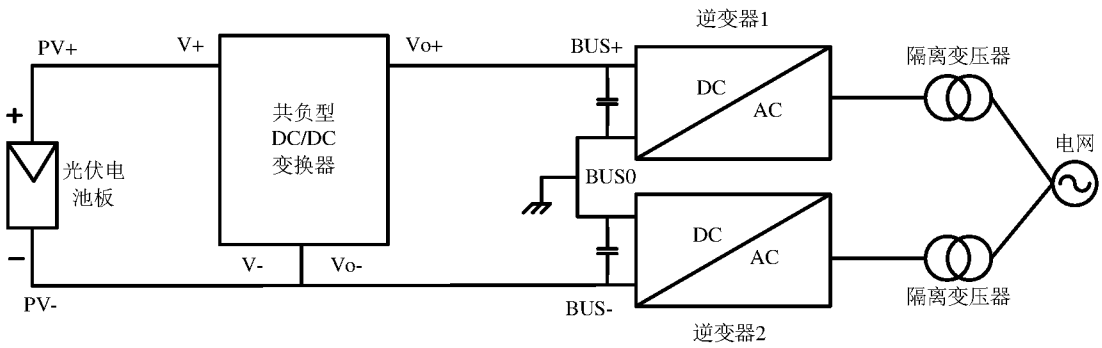


图 47

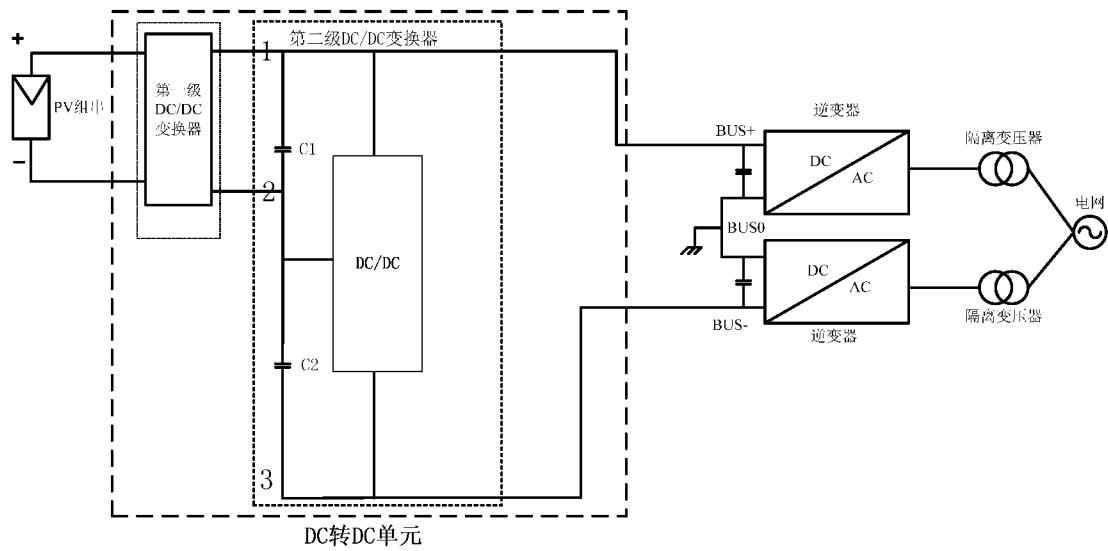


图 48

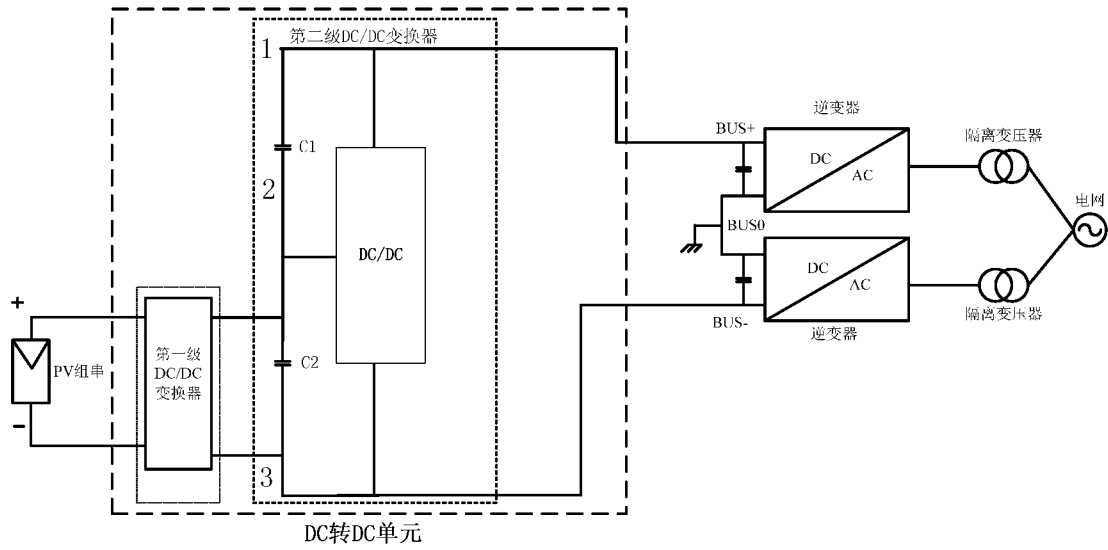


图 49

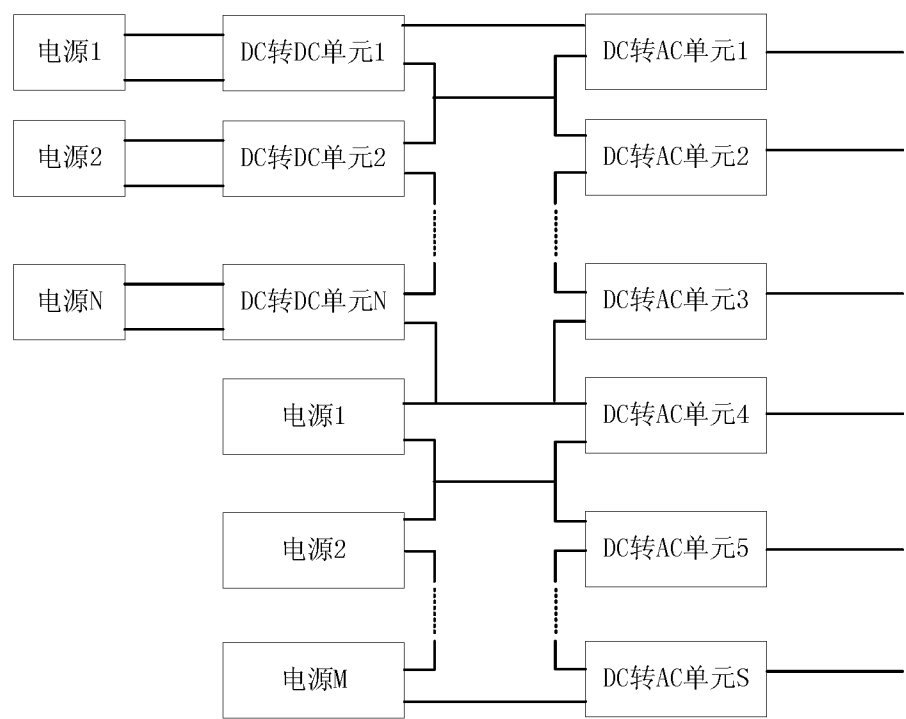


图 50

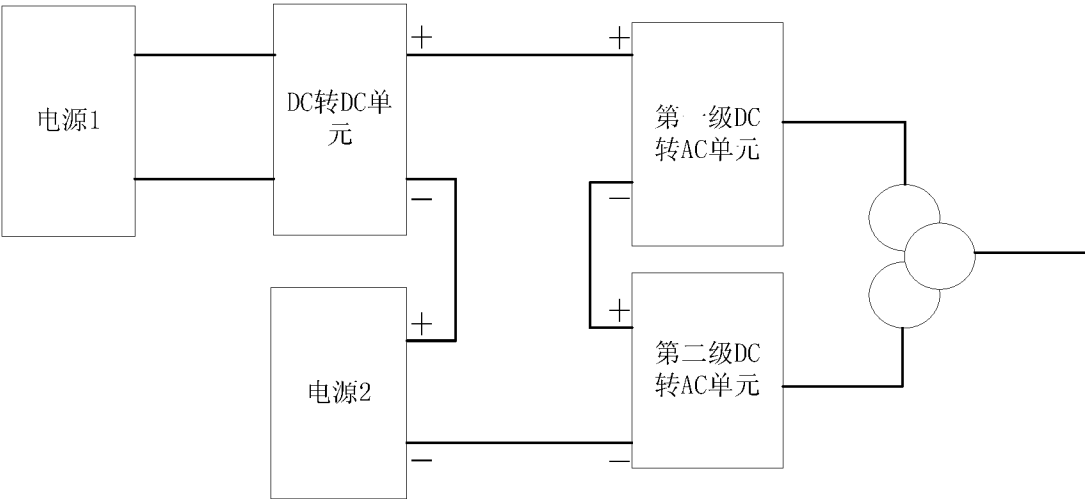


图 51a

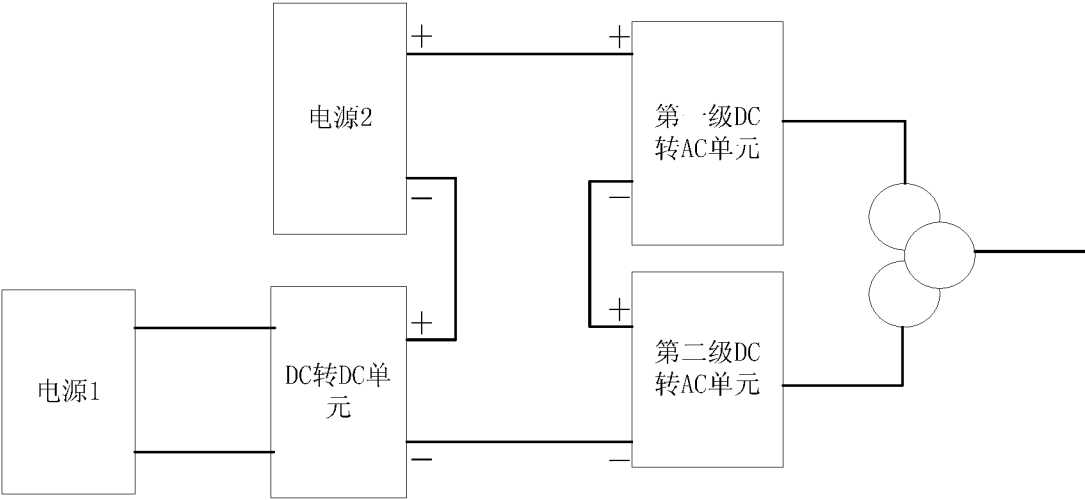


图 51b

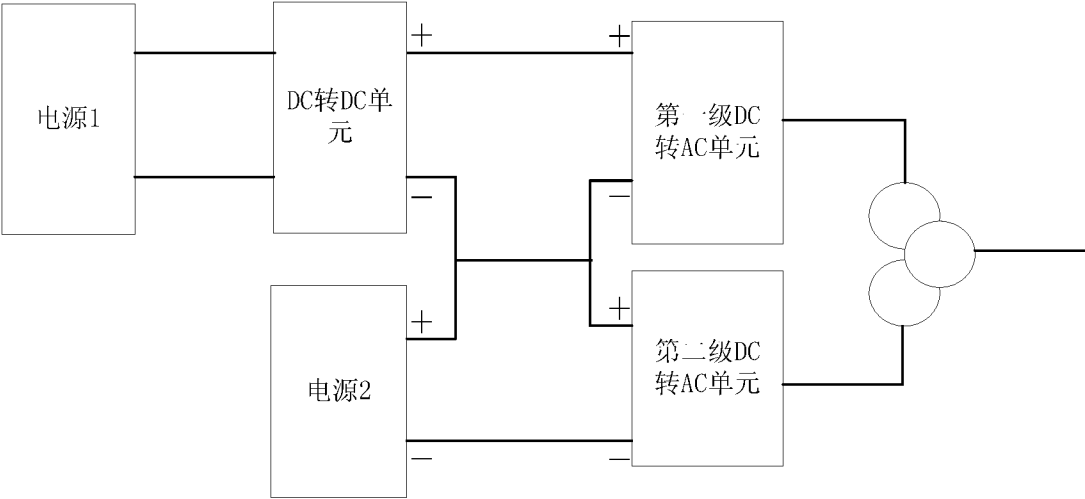


图 52

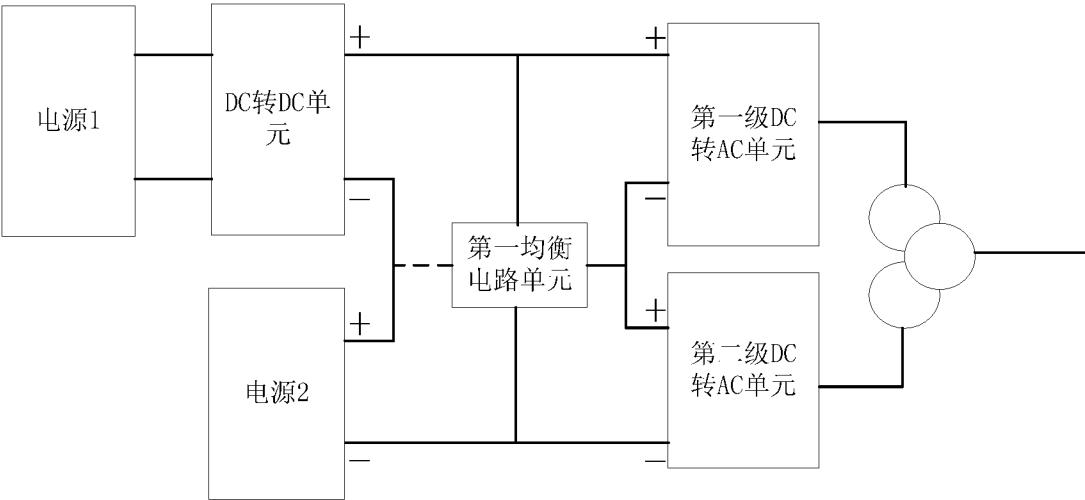


图 53

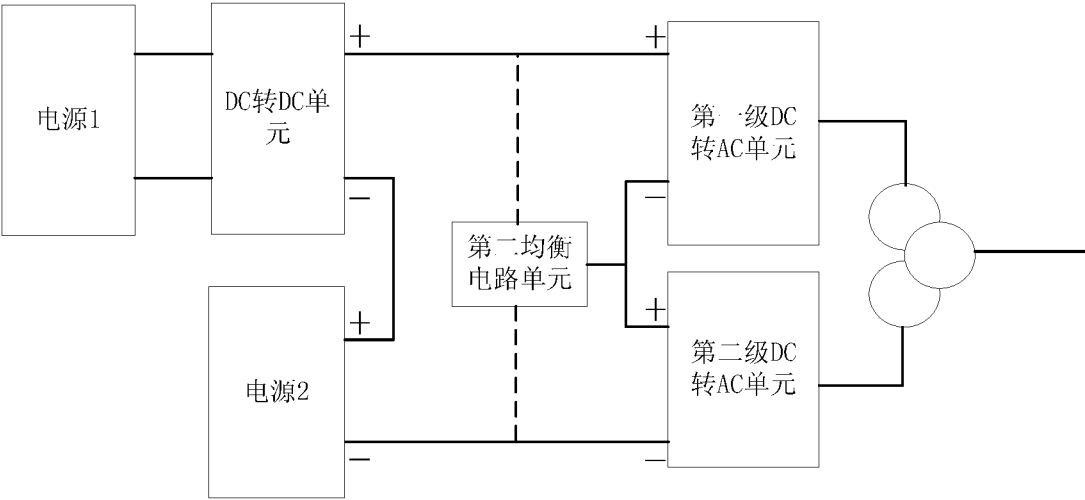


图 54

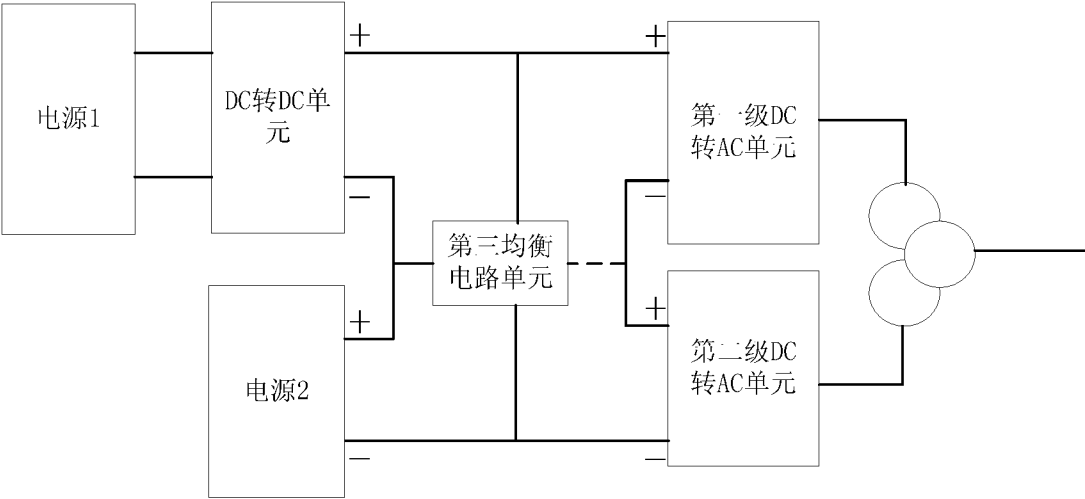


图 55

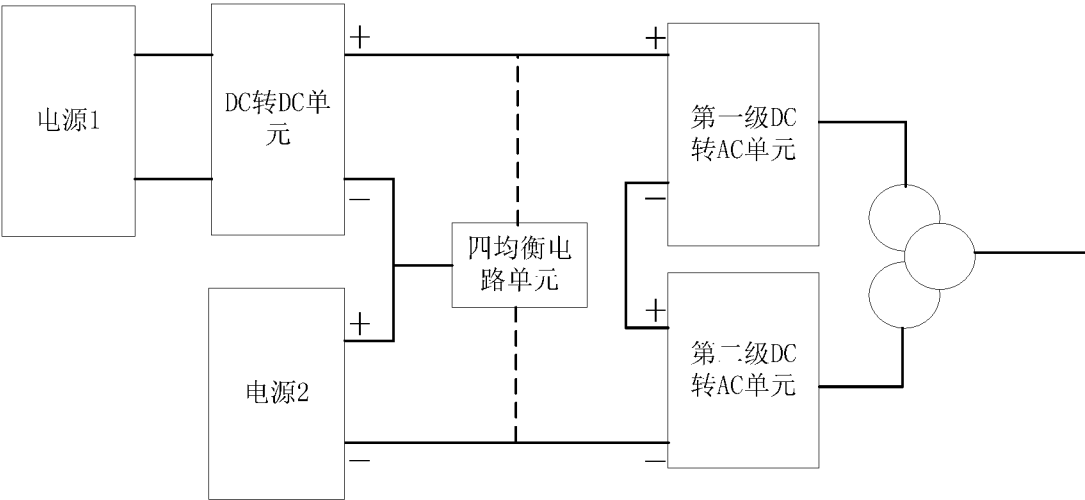


图 56

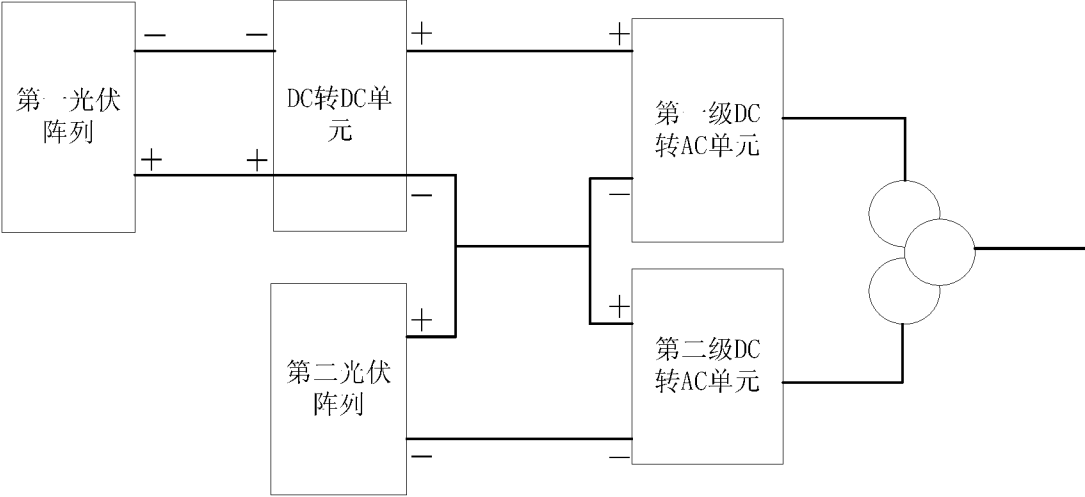


图 57

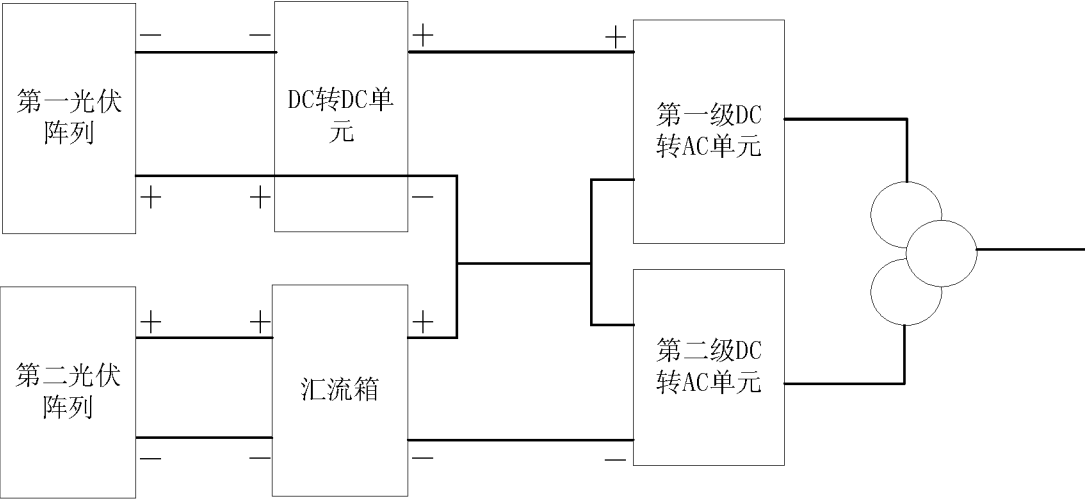


图 58

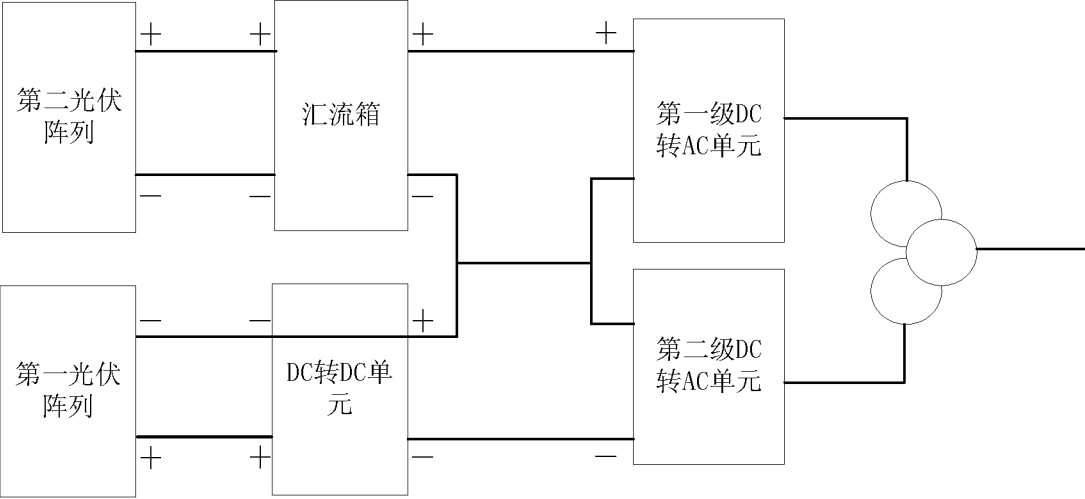


图 59

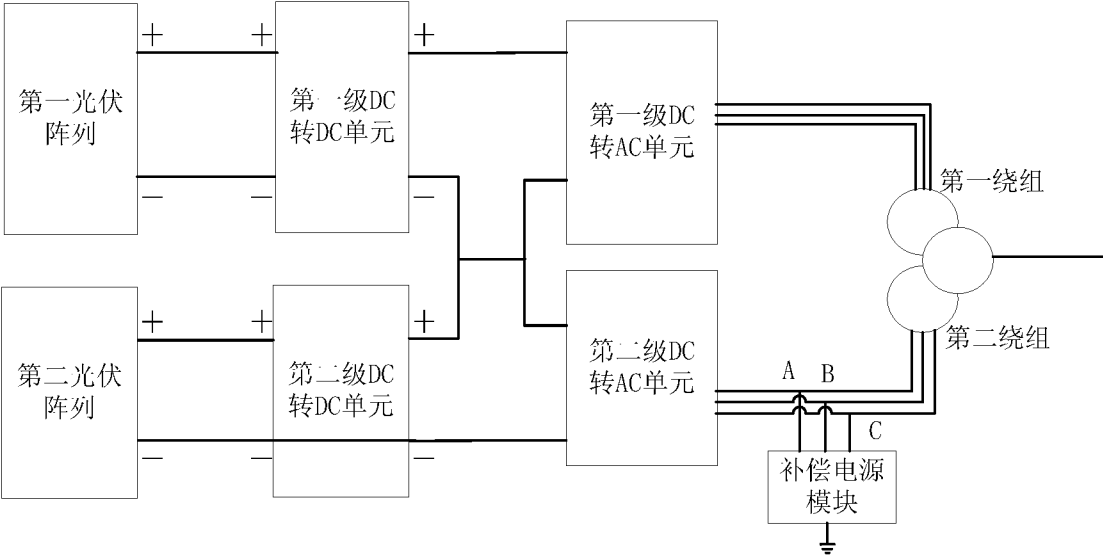


图 60

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/085212

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/38(2006.01)i; H02M 3/00(2006.01)i; H02M 5/00(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; H02M

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)

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; EPTXT; USTXT; WOTXT: 华为, 电源, 光伏, 电池, 直流源, DC 1W DC, 直流 1W DC, DC 1W AC, 直流 3W 交流, 逆变, 级联, 耦合, 串联, 串接, power, source, PV, direct current, alternat+ current, inverter, cascade, connect, series

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 109167390 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 08 January 2019 (2019-01-08) description, paragraphs [0048]-[0197], and figures 1-13	1-68
A	CN 102244382 A (LIAONING RONGXIN ZHONGTENG TECHNOLOGY CO.,LTD.) 16 November 2011 (2011-11-16) entire document	1-68
A	CN 109802426 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 24 May 2019 (2019-05-24) entire document	1-68
A	WO 2019130375 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 04 July 2019 (2019-07-04) entire document	1-68



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 April 2020

Date of mailing of the international search report

08 January 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/085212

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109167390	A	08 January 2019	WO	2020057635	A1	26 March 2020
CN	102244382	A	16 November 2011	None			
CN	109802426	A	24 May 2019	WO	2020098242	A1	22 May 2020
WO	2019130375	A1	04 July 2019	US	2020244096	A1	30 July 2020
				JP	6419394	B1	07 November 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/085212

A. 主题的分类

H02J 3/38(2006.01)i; H02M 3/00(2006.01)i; H02M 5/00(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; H02M

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))

CNABS;CNTXT; CNKI;VEN;EPTXT;USTXT; WOTXT: 华为, 电源, 光伏, 电池, 直流源, DC 1W DC, 直流 1W DC, DC 1W AC, 直流 3W 交流, 逆变, 级联, 耦合, 串联, 串接, power, source, PV, direct current, alternat+ current, inverter, cascade, connect, series

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 109167390 A (华为技术有限公司) 2019年 1月 8日 (2019 - 01 - 08) 说明书第[0048]-[0197]段, 附图1-13	1-68
A	CN 102244382 A (辽宁荣信众腾科技有限公司) 2011年 11月 16日 (2011 - 11 - 16) 全文	1-68
A	CN 109802426 A (华为技术有限公司) 2019年 5月 24日 (2019 - 05 - 24) 全文	1-68
A	WO 2019130375 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 2019年 7月 4日 (2019 - 07 - 04) 全文	1-68

☐ 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

2020年 4月 12日

国际检索报告邮寄日期

2021年 1月 8日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

胡蓉

电话号码 (86-512) 88995838

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/085212

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	109167390	A	2019年 1月 8日	WO	2020057635	A1	2020年 3月 26日
CN	102244382	A	2011年 11月 16日	无			
CN	109802426	A	2019年 5月 24日	WO	2020098242	A1	2020年 5月 22日
WO	2019130375	A1	2019年 7月 4日	US	2020244096	A1	2020年 7月 30日
				JP	6419394	B1	2018年 11月 7日