

(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
2020 年 12 月 3 日 (03.12.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/238824 A1

(51) 国际专利分类号:
H02M 7/537 (2006.01) H02M 1/12 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/091982

(22) 国际申请日: 2020 年 5 月 25 日 (25.05.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910469584.X 2019年5月31日 (31.05.2019) CN

(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: 王德臣 (WANG, Dechen); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 石鹏 (SHI, Peng); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 马征 (MA, Zheng); 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,

(54) Title: INVERTER CIRCUIT, INVERTER AND PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION SYSTEM

(54) 发明名称: 一种逆变电路、逆变器及光伏发电系统

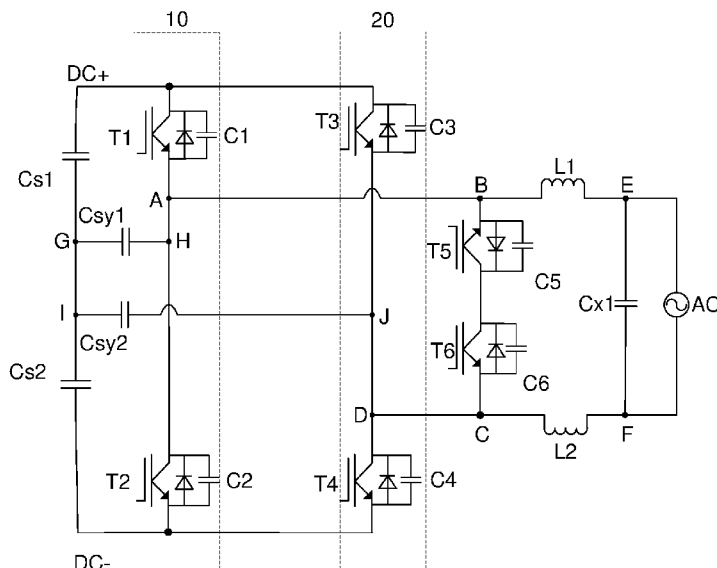


图 2

(57) Abstract: Disclosed is an inverter circuit, which can be applied to an inverter, for example, a photovoltaic inverter. Further provided in the embodiments of the present application are an inverter and a photovoltaic power generation system. The inverter and an inverter in the photovoltaic power generation system both include the inverter circuit disclosed. The inverter circuit is based on a HERIC topological inverter circuit structure. According to the inverter circuit, by means of respectively bridging, on a first vertical bridge and a second vertical bridge, a third capacitor and a fourth capacitor to a busbar, during a process of transformation of the

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, 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))。

inverter circuit from a turning-on stage to a flyback stage, the third capacitor and the fourth capacitor can stabilize voltage fluctuations, caused by different turning-off speeds of switching tubes, in HERIC topology, thereby preventing the problem of resonance caused by voltage fluctuations and solving the problem of resonance interference. Therefore, an apparatus and a system can normally work in electromagnetic environments thereof and do not form unbearable electromagnetic compatibilities (EMCs) with anything in the environment, and can meet the requirements of EMC-related standards.

(57) 摘要: 本申请公开了一种逆变电路, 可以应用于逆变器, 例如光伏逆变器中, 本申请实施例还提供了—种逆变器和光伏发电系统, 其中, 该逆变器和该光伏发电系统中的逆变器均包含本申请所公开的逆变电路; 基于HERIC拓扑逆变电路结构, 该逆变电路通过在—竖桥和第二竖桥上分别对母线跨接第三电容和第四电容, 使得在逆变电路在由开启阶段向续流阶段转化的过程中, 第三电容和第四电容能够稳定HERIC拓扑中因开关管关断速度不同而产生的电压波动, 从而防止因电压波动而产生的谐振问题, 从而解决了谐振干扰的问题, 对于设备和系统在其电磁环境中能正常工作且不对环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力(electro magnetic compatibility, EMC), 能够满足EMC相关标准的要求。

—1—

一种逆变电路、逆变器及光伏发电系统

本申请要求于 2019 年 5 月 31 日提交中国专利局、申请号为 201910469584.X、发明名称为“一种逆变电路、逆变器及光伏发电系统”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及电压变换技术领域，具体涉及一种逆变电路、逆变器及光伏发电系统。

背景技术

作为一种可再生清洁能源，光伏发电产业在近年来得到迅猛发展。一个光伏发电系统包括光伏组件、逆变器、变压器和线缆等多个部件，其中逆变器是光伏发电系统能量转换的核心部件，起到了将光伏组件输出的直流电转换为电网可用的交流电的作用。同时，逆变器在其余各种需要将直流电转化为交流电的系统中也广泛使用。

Highly efficient reliable inverter concept, HERIC, 是一种高效可靠的逆变器概念，基于该概念所产生的 HERIC 拓扑由于其自身的低成本的特性在光伏逆变器产品中得到广泛的应用，如图 1 所示，现有技术中，在 HERIC 拓扑中包括第一竖桥和第二竖桥，其中，第一竖桥的两端分别连接有第一开关管和第二开关管，第二竖桥的两端分别连接有第三开关管和第四开关管，在逆变输出的上半周，第一开关管和第四开关管闭合，在进入续流阶段，此时，第一开关管和第四开关管同时断开，用于实际工作中，第一开关管和第四开关管的断开速度不能保持完全一致，例如第四开关管的断开速度较第一开关管快，此时母线、第一竖桥和第二竖桥上的电压会升高，待第一开关管关闭后，电压又会回落，此过程中会产生谐振现象。从而影响设备和系统在其电磁环境中能正常工作且不对环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力（electro magnetic compatibility, EMC），造成 EMC 的传导、辐射测试项目结果超标。

因此，对于现有技术中的 HERIC 拓扑还有待于改进。

发明内容

本申请实施例提供一种逆变电路、逆变器及光伏发电系统，可以通过在 HERIC 拓扑竖桥与横桥连接点位置对母线加跨接电容的方案，来抑制功率电路正常工作下因为开关关断速度差异引起的谐振问题。

本申请第一方面提供一种逆变电路，包括：母线、第一竖桥、第二竖桥、横桥及滤波器，其中，该母线上设置有电容组，该母线与直流电源并联，该电容组包括串联设置的第一电容和第二电容，其中，该第一电容设置在该母线与该直流电源的正极连接的一侧，该第二电容设置在该母线与该直流电源的负极连接的一侧，该第一电容及该第二电容用于被该直流电源充电，以向该第一竖桥、该第二竖桥和该横桥提供直流电压；该母线与该第一

-2-

竖桥并联，该第一竖桥与该第二竖桥并联，该第一竖桥包括串联的第一开关管和第二开关管，该第二竖桥包括串联的第三开关管和第四开关管，该横桥的两端分别与该第一竖桥和该第二竖桥连接；该滤波器并联在该横桥上，该滤波器与交流电网连接，该横桥用于通过该滤波器向交流电网供电；该逆变电路还包括：第三电容，该第三电容连接在该母线与该第一竖桥之间，其中，该第三电容与该第一竖桥的连接点位于该第一开关管与该第二开关管之间；第四电容，该第四电容连接在该母线与该第二竖桥之间，其中，该第四电容与该第二竖桥的连接点位于该第三开关管与该第四开关管之间。其中，该第一开关管、该第二开关管、该第三开关管及该第四开关管可以为MOS管或IGBT器。

本实施例中，通过在现有HERIC拓扑逆变电路的基础上，在第一竖桥与母线之间，以及第二竖桥与母线之间跨接第三电容和第四电容，从而使得第一开关管和第四开关管断开的过程中，第三电容能够稳定由于两开关管断开速度不同所产生的电压差，从而杜绝谐振现象的发生，有效杜绝因谐振现象而导致的EMC问题。同理，在第二开关管和第三开关管断开的过程中，第四电容能够稳定由于两开关管断开速度不同所产生的电压差，从而在直流电转交流电的负半周期稳定电压，杜绝谐振现象的发生。

结合上述第一方面，在第一种可能的实现方式中，该第三电容所在线路上串联设置有至少一个电感，和/或，该第四电容所在线路上串联设置有至少一个电感。

本实施例中，串联在第三电容，和/或，串联在第四电容上的至少一个电感，在充放电的过程中能够对第三电容和或第四电容起到保护的作用。

结合上述第一方面，在第二种可能的实现方式中，该第三电容所在线路上串联设置有至少一个电阻，和/或，该第四电容所在线路上串联设置有至少一个电阻。

本实施例中，串联在第三电容，和/或，串联在第四电容上的至少一个电阻，在充放电的过程中，该电阻能够通过充放电流，对第三电容和或第四电容起到保护的作用。

结合上述第一方面，在第三种可能的实现方式中，该第三电容所在线路上串联设置有至少一个电感及至少一个电阻，和/或，该第四电容所在线路上串联设置有至少一个电感及至少一个电阻。

本实施例中，串联在第三电容，和/或，串联在第四电容上的至少一个电阻及至少一个电感，在充放电的过程中，串联的电阻和电感能够通过协同工作，对第三电容和或第四电容起到保护的作用。

结合上述第一方面及第一方面第一至第三种可能的实现方式，在第四种可能的实现方式中，该第三电容所在线路与该母线的连接点以及该第四电容所在线路与该母线的连接点，均设置在该第一电容和该第二电容之间。

本实施例中，第三电容和第四电容均跨接在母线上的第一电容和第二电容之间，使得第一电容和第三电容构成并联电路，第二电容和第四电容构成并联电路，从而使得第一开关管和第四开关管闭合时，第三电容的电压等于第一电容的电压，在逆变输出正半周期对母线、第一竖桥和第二竖桥的电压起到了稳定的作用；第二开关管和第三开关管闭合时，第四电容的电压等于第二电容的电压，在逆变输出负半周期对母线、第一竖桥和第二竖桥的电压起到了稳定的作用，从而防止谐振问题的发生。进一步地，当第一开关管、第二开

—3—

关管、第三开关管及第四开关管全部断开时，第一电容的电压使得电路依次途径第三电容、第一电感、交流电网、第二电感、第四电容及第二电容，此时，第三电容和第四电容分别被充上1/2母线电压，当第一开关管与第四开关管闭合，或者第二开关管与第三开关管闭合时，由于第三电容放出的电压或第四电容放出的电压与第一电容或第二电容放出的电压值相等，均为1/2母线电压，因此电路的损耗较小，因此不仅能够有效防止因开关速度不同产生谐振问题，还能够有效降低电路损耗。

结合上述第一方面及第一方面第一至第三种可能的实现方式，在第五种可能的实现方式中，该第三电容所在线路与该母线的连接点以及该第四电容所在线路与该母线的连接点，均不设置在该第一电容和该第二电容之间。具体地，可以是第三电容所在线路与该母线的连接点以及该第四电容所在线路与该母线的连接点均设置在第三电容与直流电源之间；或者，第三电容所在线路与该母线的连接点以及该第四电容所在线路与该母线的连接点均设置在第二电容与直流电源之间；或者，第三电容所在线路与该母线的连接点设置在第三电容与直流电源之间，第四电容所在线路与该母线的连接点设置在第二电容与直流电源之间；或者，第三电容所在线路与该母线的连接点设置在第二电容与直流电源之间，第四电容所在线路与该母线的连接点设置在第三电容与直流电源之间。

本实施例中，通过将第三电容和第四电容的跨接点均不设置在该第一电容和该第二电容之间，在第一开关管和第四开关管断开的瞬间，第三电容能够吸收电压波动，从而对电路起到稳定的作用，同样地，在第二开关管和第三开关管断开的瞬间，第四电容能够吸收电压波动，从而对电路起到稳定的作用。因此能够有效防止因开关速度不同产生谐振问题。

结合上述第一方面及第一方面第一至第三种可能的实现方式，在第六种可能的实现方式中，在该第三电容所在线路与该母线的连接点以及该第四电容所在线路与该母线的连接点中，仅有一个连接点设置在该第一电容与该第二电容之间。具体地，可以为第三电容与该母线的连接点设置在第三电容与第二电容之间，该第四电容所在线路与该母线的连接点设置在第三电容与直流电源之间或第二电容与直流电源之间；或者，可以为第四电容与该母线的连接点设置在第三电容与第二电容之间，该第三电容所在线路与该母线的连接点设置在第三电容与直流电源之间或第二电容与直流电源之间。

本实施例中，通过将第三电容或第四电容中的一个跨接在第三电容和第二电容之间，另一个跨接在电容组与直流电源之间，使得第一开关管和第四开关管断开的瞬间，第三电容能够吸收电压波动，从而对电路起到稳定的作用，同样地，在第二开关管和第三开关管断开的瞬间，第四电容能够吸收电压波动，因此能够有效防止因开关速度不同产生谐振问题，但是会带来一定的电路损耗。

结合上述第一方面及第一方面第一至第六种可能的实现方式，在第七种可能的实现方式中，该滤波器包括第一电感及第二电感，该横桥包括续流开关组，其中，该第一电感连接在该第一竖桥与该交流电网之间，该第二电感连接在该交流电网与该第二竖桥之间，该续流开关组并联在该第一电感及该第二电感之间。

本实施例中，可选地，该逆变电路还包括第五电容，该第五电容并联在该第一电感与该第二电感之间，该第五电容用于稳定该滤波器的电压。

—4—

结合上述第一方面第七种可能的实现方式，在第八种可能的实现方式中，该续流开关组包括串联的第五开关管和第六开关管，其中，该第五开关管及该第六开关管可以为MOS管或IGBT器，

本实施例中，通过控制第五开关管及该第六开关管来控制电路由开启阶段进入到续流阶段，使得被励磁的第一电感和第二电感向交流电网并网。

从以上技术方案可以看出，本申请实施例具有以下优点：

本申请实施例提供的逆变电路可以通过在第一竖桥和第二竖桥上对母线跨接电容，从而使得HERIC拓扑工作过程中，在第一开关管与第四开关管断开，或者第二开关管与第三开关管在断开的过程中，跨接在母线上的电容能够稳定由于开关管断开速度不同所产生的电压浮动，抑制功率电路正常工作下因为开关开通关断速度差异引起的谐振问题，从而解决了此谐振带来的EMC相关问题。

本申请第二方面提供一种逆变器，包括控制单元和逆变功率单元，该控制单元用于控制该逆变功率单元的工作，其中，该逆变功率单元包括如上述第一方面或第一方面任意一种可能的实现方式所述的逆变电路。

从以上技术方案可以看出，本申请实施例具有以下优点：

本申请实施例提供的逆变器中的逆变电路可以通过在第一竖桥和第二竖桥上对母线跨接电容，从而使得HERIC拓扑工作过程中，在第一开关管与第四开关管断开，或者第二开关管与第三开关管在断开的过程中，跨接在母线上的电容能够稳定由于开关管断开速度不同所产生的电压浮动，抑制功率电路正常工作下因为开关开通关断速度差异引起的谐振问题，从而解决了此谐振带来的EMC相关问题。

本申请第三方面提供一种光伏发电系统，包括：光伏板、逆变器和交流电网；该光伏板与该逆变器相连，该逆变器与该交流电网相连；该光伏板用于将光能转化为直流电；该逆变器包括如上述第一方面或第一方面任意一种可能的实现方式所述的逆变电路，用于将该直流电转换为交流电；该交流电网用于传输该交流电。

从以上技术方案可以看出，本申请实施例具有以下优点：

本申请实施例提供的光伏发电系统中，逆变器实现直流电到交流电的转化，其中，该逆变器中的逆变电路可以通过在第一竖桥和第二竖桥上对母线跨接电容，从而使得 HERIC 拓扑工作过程中，在第一开关管与第四开关管断开，或者第二开关管与第三开关管在断开的过程中，跨接在母线上的电容能够稳定由于开关管断开速度不同所产生的电压浮动，抑制功率电路正常工作下因为开关开通关断速度差异引起的谐振问题，从而解决了此谐振带来的 EMC 相关问题。

附图说明

图1为现有技术中逆变电路的HERIC拓扑结构；

图2为本申请实施例中逆变电路的一种实施方式的电路图；

图3为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图；

图4为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图；

—5—

图5为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图；

图6为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图；

图7为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图；

图8为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图；

5 图9为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图；

图10为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图；

图11为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图；

图12为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图；

图13为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图；

10 图14为本申请实施例中逆变器的结构示意图；

图15为本申请实施例中光伏发电系统的结构示意图；

图16为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图；

图 17 为本申请实施例中逆变电路的另一种实施方式的电路图。

15 具体实施方式

下面结合附图，对本申请的实施例进行描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分的实施例，而不是全部的实施例。本领域普通技术人员可知，随着技术的发展和场景的出现，本申请实施例提供的技术方案对于类似的技术问题，同样适用。

20 本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的实施例能够以除了在这里图示或描述的内容以外的顺序实施。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

30 逆变器是一种将直流电转化为交流电的装置，随着光伏发电产业在近年来得到迅猛发展。一个光伏发电系统包括光伏组件、逆变器、变压器和线缆等多个部件，其中，逆变器是光伏发电系统能量转换的核心部件，起到了将光伏组件输出的直流电转换为电网可用的交流电的作用。同时，逆变器在其余各种需要将直流电转化为交流电的系统中也广泛使用。

Highly efficient reliable inverter concept, HERIC, 是一种高效可靠的逆变器概念，基于该概念所产生的 HERIC 拓扑由于其自身的低成本的特性在光伏逆变器产品中得到广泛的应用，如图 1 所示，现有技术中，在 HERIC 拓扑中包括第一竖桥 10 和第二竖桥 20，其中，第一竖桥 10 的两端分别连接有第一开关管 T1 和第二开关管 T2，第二竖桥 20 的两端分别连接有第三开关管 T3 和第四开关管 T4，在逆变输出的上半周，第一开关管 T1 和第四开关管 T4 闭合，在进入续流阶段，此时，第一开关管 T1 和第四开关管 T4 同时断开，用于实际工作中，第一开关管 T1 和第四开关管 T4 的断开速度不能保持完全一致，例如第四

—6—

开关管 T4 的断开速度较第一开关管 T1 快，此时母线、第一竖桥 10 和第二竖桥 20 上的电压会升高，待第一开关管 T1 关闭后，电压又会回落，此过程中会产生谐振现象。从而影响设备和系统在其电磁环境中能正常工作且不对环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力（electro magnetic compatibility, EMC），造成 EMC 的传导、辐射测试项目结果超标。

5 因此，为了解决上述问题，本申请实施例提供一种逆变电路，通过在HERIC拓扑的竖桥与横桥连接点位置对母线加跨接电容的方案，来抑制功率电路正常工作下因为开关关断速度差异引起的谐振问题。

需要说明的是，本申请实施例所提供的逆变电路及逆变器可以是用于光伏发电系统的光伏逆变器，也可以是应用于其他需要将直流电转化为交流电的电路或装置，对此，本申
10 请实施例并不进行限定，为便于理解，本申请实施例以光伏逆变器为例，对本申请实施例所提供的逆变器做详细说明。

以下结合附图，对本申请实施例所提供的逆变电路进行具体说明。

请参阅图1，如图1所示，本申请实施例所提供的逆变电路基于现有技术中的HERIC拓扑，具体包括：母线、第一竖桥10、第二竖桥20、横桥及滤波器，其中，该母线上设置有
15 电容组，该母线与直流电源并联，该电容组包括串联设置的第一电容Cs1和第二电容Cs2，其中，该第一电容Cs1与该直流电源的正极DC+连接，该第二电容Cs2与该直流电源的负极DC-连接，该第一电容Cs1及该第二电容Cs2用于被该直流电源充电，以向该第一竖桥10、该第二竖桥20和该横桥提供直流电压。

该母线与该第一竖桥10并联，该第一竖桥10与该第二竖桥20并联，该第一竖桥10的包
20 括串联的第一开关管T1、第二开关管T2以及连接该第一开关管T1和该第二开关管T2的线路，该第二竖桥20包括串联的第三开关管T3、第四开关管T4以及连接该第三开关管T3和该第四开关管T4的线路，该横桥的两端分别与该第一竖桥10和该第二竖桥20连接，具体地，该横桥具体包括依次经过连接点A、连接点B、连接点C及连接点D的电路结构，其中，所述连接点A为横桥与第一桥臂10的连接点，连接点D为横桥与第二桥臂20的连接点。

25 需要说明的是，该第一竖桥10及该第二竖桥20不仅限于上述结构，还可以是相关的变形拓扑结构，例如，该第一竖桥10或第二竖桥20上具备两个以上的开关管；该横桥同样不仅限于上述结构，还可以是相关的变形拓扑结构，例如包括上述横桥部分结构的拓扑结构，对此本申请实施例并不进行限定。

进一步地，该第一开关管T1的源极通过导线与第二开关管T2的漏极连接，该第一开
30 关管T1的漏极通过导线与该第一电容Cs1连接，该第二开关管T2的源极通过导线与该第二电容Cs2连接。

具体地，该第一开关管T1、该第二开关管T2、该第三开关管T3及该第四开关管T4可以为MOS管、IGBT器或其他起开关作用的半导体器件，对此本申请实施例并不进行限定，作为一种可选的方式，当第一开关管T1、该第二开关管T2、该第三开关管T3及该第四开关管T4
35 为MOS管时，每个开关管上还可以分别并联有二极管和电容，具体地，第一开关管T1、该第二开关管T2、该第三开关管T3及该第四开关管T4可以分别并联有电容C1、电容C2、电容C3及电容C4，当开关管为MOS管时，该MOS管可以为氮化镓MOS管或碳化硅MOS管。

—7—

需要说明的是，上述第一电容Cs1和第二电容Cs2在实际物理实现过程中，第一电容Cs1或第二电容Cs2可以通过一个电容来实现，也可以通过多个电容器件来实现，对此本申请实施例并不进行限定。

该滤波器并联在该横桥上，该滤波器与交流电网AC连接，该横桥用于通过该滤波器向交流电网AC供电。该滤波器具体包括依次经过连接点B、连接点E、连接点F及连接点C的电路结构，其中，该滤波器通过连接点B和连接点C并联在横桥上，该滤波器通过连接点E和连接点F与交流电网AC连接。

具体地，该滤波器包括第一电感L1及第二电感L2，该横桥包括续流开关组，其中，

该第一电感L1连接在该第一竖桥10与交流电网AC之间，该第二电感L2连接在交流电网AC连接与第二竖桥20之间，该续流开关组并联在该第一电感L1及该第二电感L2之间，其中，第一电感L1通过连接点B与横桥连接，第二电感L2通过连接点C与横桥连接，第一电感L1和第二电感L2分别通过连接点E和连接点F与交流电网AC连接。

该第一电感L1及该第二电感L2用于，当该第一开关管T1与该第四开关管T4，或者，该第二开关管T2与该第三开关管T3闭合时，被该直流电源励磁；

该续流开关组用于，当该第一开关管T1与该第四开关管T4断开时，或者，该第二开关管T2与该第三开关管T3断开时，闭合，以使得该第一电感L1及该第二电感L2向该输出供电。

进一步地，该续流开关组包括串联的第五开关管T5和第六开关管T6，其中，

该第五开关管T5用于保持闭合，

该第六开关管T6用于，当该第一开关管T1与该第四开关管T4断开时，或者，该第二开关管T2与该第三开关管T3断开时，闭合，以使得该第一电感L1及该第二电感L2向输出供电。

进一步地，该逆变器还包括第五电容Cx1，该第五电容Cx1通过连接点E及连接点F并联在该第一电感L1与该第二电感L2之间，该第五电容Cx1用于稳定该横桥的电压，使得该横桥向交流电网AC输出稳定的电压。

可选地，该第五开关管T5及该第六开关管T6为MOS管，该MOS管可以为MOS管、IGBT或其他起开关作用的半导体器件，对此本申请实施例并不进行限定，作为一种可选的方式，当该第五开关管T5及该第六开关管T6为MOS管时，第五开关管T5及该第六开关管T6为MOS管上还可以分别并联有二极管和电容C5及C6，该MOS管可以为氮化镓MOS管或碳化硅MOS管。

需要说明的是，本申请实施例中的逆变电路所基于的拓扑结构除了上述的HERIC拓扑外，还可以是HERIC拓扑的相关变形拓扑结构，对此，本申请实施例并不进行限定。

具体工作时，由于母线与直流电源并联，直流电源向母线中的第一电容Cs1和第二电容Cs2充电。

在逆变输出正半周期的开启阶段，第一开关管T1与第四开关管T4闭合，此时，第一电容Cs1通过母线正极DC+释放电压，电流依次经过第一开关管T1、第一电感L1、第二电感L2及第四开关管T4，最终流向母线负极DC-，从而走完该回路，在此过程中，第一电感L1和第二电感L2被充电，实现第一电感L1和第二电感L2的励磁。

在逆变输出正半周期的续流阶段，第一开关管T1与第四开关管T4断开，续流开关组闭合，其中，续流开关组具体闭合的实现方式为：第五开关管T5一直保持闭合状态，当续流

—8—

开关组需要由断开变为闭合时，第六开关管T6有断开变为闭合，以实现续流开关组的闭合；第一电感L1和第二电感L2放电，电流在交流电网AC、第一电感L1、续流开关组、第二电感L2之间形成回路，从而在续流阶段，第一电感L1和第二电感L2持续地向交流电网AC充电，从而实现在交流电的正半周期，所述横桥向所述输出供电。

5 在逆变输出负半周期的开启阶段，第二开关管T2与第三开关管T3闭合，此时，第二电容Cs2通过母线负极DC-释放电压，电流依次经过第二开关管T2、第一电感L1、第二电感L2及第三开关管T3，最终流向母线正极DC+，从而走完该回路，在此过程中，第一电感L1和第二电感L2被充电，实现第一电感L1和第二电感L2的励磁。

10 在逆变输出负半周期的续流阶段，第二开关管T2与第三开关管T3断开，续流开关组闭合，其中，续流开关组具体闭合的实现方式为：第五开关管T5一直保持闭合状态，当续流开关组需要由断开变为闭合时，第六开关管T6有断开变为闭合，以实现续流开关组的闭合；第一电感L1和第二电感L2放电，电流在交流电网AC、第一电感L1、续流开关组、第二电感L2之间形成回路，从而在续流阶段，第一电感L1和第二电感L2持续地向交流电网AC充电，从而实现在交流电的负半周期，所述横桥向所述输出供电。

15 在上述工作过程，实现了HERIC拓扑的逆变电路将直流电源的输出的直流电转化为交流电，从而向交流电网AC供电的过程。

然而，在上述出正半周期或出负半周期由开启阶段转化为续流阶段的过程中，第一开关管T1断开的速度无法与第四开关管T4断开的速度保持同步，例如，第四开关管T4断开的速度比第一开关管T1断开的速度快，当第四开关管T4断开而第一开关管T1尚未断开时，母
20 线、第一竖桥10及第二竖桥20的电压会被拉升至母线正电压，待第一开关管T1关闭后，母线、第一竖桥10及第二竖桥20的电压又会回到母线中点电压，在此过程中，电压浮动的现象会引起谐振现象的发生，导致影响整个设备和系统在其电磁环境中能正常工作且不对环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力（electro magnetic compatibility, EMC），从而造成EMC的传导、辐射测试项目结果超标。同理，在第二开关管T2和第三开关管T3断开的
25 的过程中，也面临同样的问题。

为了克服上述问题，本申请实施例所提供的逆变电路在现有HERIC拓扑的基础上跨接了第三电容Csy1和第四电容Csy2。

请参阅图2，如图2所示，该第三电容Csy1连接在该母线与该第一竖桥10之间，其中，该第三电容Csy1与该第一竖桥10的连接点H位于该第一开关管T1与该第二开关管T2之间；

30 该第四电容Csy2连接在该母线与该第二竖桥20之间，其中，该第四电容Csy2与该第二竖桥20的连接点J位于该第三开关管T3与该第四开关管T4之间；

该第三电容Csy1用于，当该第一开关管T1和该第四开关管T4断开时，稳定该母线、该第一竖桥10及该第二竖桥20的电压；

35 该第四电容Csy2用于，当该第二开关管T2和该第三开关管T3断开时，稳定该母线、该第一竖桥10及该第二竖桥20的电压。

如图2所示，第三电容Csy1与母线的连接点G设置在第一电容Cs1和第二电容Cs2之间，第三电容Csy1与第一竖桥10通过连接点H连接；第四电容Csy2与母线的连接点I设置在第一

电容Cs1和第二电容Cs2之间，第四电容Csy2与第二竖桥20通过连接点J连接。

本实施例中，在逆变输出正半周期的开启阶段，第一开关管T1与第四开关管T4闭合，此时，第一电容Cs1与第三电容Csy1构成并联的等效电路，第一电容Cs1向第三电容Csy1充电，且第一电容Cs1与第三电容Csy1的电压相等。由于第一电容Cs1和第二电容Cs2构成直流电源的分压电路，此时，第一电容Cs1和第二电容Cs2的电压分别等于母线电压的1/2，既1/2
5 母线电压，因此，此时第三电容Csy1的电压也等于1/2母线电压。在逆变输出正半周期的续流阶段，第一开关管T1与第四开关管T4断开，若第四开关管T4断开的速度比第一开关管T1断开的速度快，当第四开关管T4断开而第一开关管T1尚未断开时，第三电容Csy1能够被母线正电压的电容进一步充电，从而杜绝由于电压升高导致的波动；若第四开关管T4断开的
10 速度比第一开关管T1断开的速度慢，当第一开关管T1断开而第四开关管T4尚未断开时，第三电容Csy1所输出的1/2母线电压能够起到稳定作用，防止母线、第一竖桥10和第二竖桥20上由于电压升高导致的波动；从而有效防止了HERIC拓扑逆变电路工作过程中因第一开关管T1和第四开关管T4的断开速度不同产生谐振问题。

在逆变输出负半周期的开启阶段，第二开关管T2与第三开关管T3闭合，此时，第二电
15 容Cs2与第四电容Csy2构成并联的等效电路，第二电容Cs2向第四电容Csy2充电，且第二电容Cs2与第四电容Csy2的电压相等。由于第一电容Cs1和第二电容Cs2构成直流电源的分压电路，此时，第一电容Cs1和第二电容Cs2的电压分别等于母线电压的1/2，既1/2母线电压，因此，此时第四电容Csy2的电压也等于1/2母线电压。在逆变输出负半周期的续流阶段，第二开关管T2与第三开关管T3断开，若第三开关管T3断开的速度比第二开关管T2断开的速度
20 快，当第三开关管T3断开而第二开关管T2尚未断开时，第四电容Csy2能够被母线正电压的电容进一步充电，从而杜绝由于电压升高导致的波动；若第三开关管T3断开的速度比第二开关管T2断开的速度慢，当第二开关管T2断开而第三开关管T3尚未断开时，第四电容Csy2所输出的1/2母线电压能够起到稳定作用，防止母线、第一竖桥10和第二竖桥20上由于电压升高导致的波动；从而有效防止了HERIC拓扑逆变器工作过程中因第二开关管T2和第三开关
25 管T3的断开速度不同产生谐振问题。

上述逆变输出正半周期和负半周期的区别在于，在正半周期，第一电容Cs1被直流电源的正极DC+充电，向第三电容Csy1充1/2母线正电压，在负半周期，第二电容Cs2被直流电源的负极DC-充电，向第四电容Csy2充1/2母线负电压。

需要说明的是，在上述第一种实施方式中，通过将第三电容Csy1和第四电容Csy2跨接
30 在母线上第一电容Cs1和第二电容Cs2之间的位置，使得第一电容Cs1和第三电容Csy1构成并联电路，第二电容Cs2和第四电容Csy2构成并联电路，从而使得第一开关管T1和第四开关管T4闭合时，第三电容Csy1的电压等于第一电容Cs1的电压，在逆变输出正半周期对母线、第一竖桥10和第二竖桥20的电压起到了稳定的作用；第二开关管T2和第三开关管T3闭合时，第四电容Csy2的电压等于第二电容Cs2的电压，在逆变输出负半周期对母线、第一竖桥10
35 和第二竖桥20的电压起到了稳定的作用，从而防止谐振问题的发生。进一步地，当第一开关管T1、第二开关管T2、第三开关管T3及第四开关管T4全部断开时，第一电容Cs1的电压使得电路依次途径第三电容Csy1、第一电感L1、交流电网AC、第二电感L2、第四电容Csy2及

第二电容Cs2, 此时, 第三电容Csy1和第四电容Csy2分别被充上1/2母线电压, 当第一开关管T1与第四开关管T4闭合, 或者第二开关管T2与第三开关管T3闭合时, 由于第三电容Csy1放出的电压或第四电容Csy2放出的电压与第一电容Cs1或第二电容Cs2放出的电压值相等, 均为1/2母线电压, 因此电路的损耗较小, 因此, 本申请实施例中的第一种实施方式不仅能够有效防止因开关速度不同产生谐振问题, 还能够有效降低电路损耗, 第一种实施方式为最优的实施方式。

需要说明的是, 上述第三电容Csy1和第四电容Csy2在实际物理实现过程中, 第三电容Csy1或第四电容Csy2可以通过一个电容来实现, 也可以通过多个电容器件来实现, 对此本申请实施例并不进行限定。

需要进一步说明的是, 上述第三电容Csy1与母线的连接点G以及第四电容Csy2与母线的连接点I与母线连接的方式, 只是本申请实施例所提供的第一种实施方式, 可选地, 根据该连接点所在位置的不同, 还可以采用不同的工作方式稳定该母线、该第一竖桥10及该第二竖桥20的电压。具体还包括:

1、该第三电容所在线路与该母线的连接点以及该第四电容所在线路与该母线的连接点, 均设置在该电容组与该直流电源之间。

2、该第三电容所在线路与该母线的连接点以及该第四电容所在线路与该母线的连接点, 均不设置在该第一电容和该第二电容之间。

3、在该第三电容所在线路与该母线的连接点以及该第四电容所在线路与该母线的连接点中, 仅有一个连接点设置在该第一电容与该第二电容之间。

为便于理解, 以下结合附图, 对本申请实施例中第三电容Csy1和第四电容Csy2在逆变电路中各种不同的连接情况做详细说明。

一、第三电容Csy1和第四电容Csy2均跨接在母线上的第一电容Cs1和直流电源正极之间。

请参阅图3, 如图3所示, 在第二种实施方式中, 第三电容Csy1与母线的连接点G设置在的第一电容Cs1和直流电源正极之间, 第三电容Csy1与第一竖桥10通过连接点H连接; 第四电容Csy2与母线的连接点I设置在第一电容Cs1和直流电源正极之间, 第四电容Csy2与第二竖桥20通过连接点J连接。

本实施例中, 在逆变输出正半周期的开启阶段, 第一开关管T1与第四开关管T4闭合, 此时, 电流从第一电容Cs1出发, 依次经过第一开关管T1、第一电感L1、交流电网AC、第二电感L2、第四开关管T4及第二电容Cs2; 在逆变输出正半周期的续流阶段, 第一开关管T1与第四开关管T4断开, 若第四开关管T4断开的速度与第一开关管T1断开的速度不同, 所产生的母线正电压向第三电容Csy1充电, 从而使得第三电容Csy1能够吸收母线、第一竖桥10和第二竖桥20上升高的电压, 杜绝了由于电压升高导致的波动, 从而有效防止了HERIC拓扑逆变电路工作过程中因第一开关和第四开关的断开速度不同产生谐振问题。

在逆变输出负半周期的开启阶段, 第二开关管T2与第三开关管T3闭合, 此时, 电流从第二电容Cs2出发, 依次经过第二开关管T2、第一电感L1、交流电网AC、第二电感L2、第三开关管T3及第一电容Cs1; 在逆变输出负半周期的续流阶段, 第二开关管T2与第三开关管T3

断开, 若第二开关管T2断开的速度与第三开关管T3断开的速度不同, 所产生的母线负电压向第四电容Csy2充电, 从而使得第四电容Csy2能够吸收母线、第一竖桥10和第二竖桥20上的电压变化, 杜绝了由于电压变化导致的波动, 从而有效防止了HERIC拓扑逆变电路工作过程中因第二开关和第三开关的断开速度不同产生谐振问题。

5 需要说明的是, 在上述第二种实施方式中, 通过将第三电容Csy1和第四电容Csy2跨接在母线电压正的位置, 从而使得第一开关管T1和第四开关管T4断开的瞬间, 第三电容Csy1能够吸收电压波动, 从而对电路起到稳定的作用, 同样地, 在第二开关管T2和第三开关管T3断开的瞬间, 第四电容Csy2能够吸收电压波动, 从而对电路起到稳定的作用。进一步地, 当第一开关管T1、第二开关管T2、第三开关管T3及第四开关管T4全部断开时, 第一电容Cs1
10 的电压使得电路依次途径第三电容Csy1和第四电容Csy2流经整个回路, 此时, 第三电容Csy1和第四电容Csy2分别被充上一个母线电压, 当第一开关管T1与第四开关管T4闭合, 或者第二开关管T2与第三开关管T3闭合时, 由于第三电容Csy1放出的电压或第四电容Csy2放出的电压大于第一电容Cs1或第二电容Cs2放出的电压值(如前所述, 第一电容Cs1与第二电容Cs2组成的分压电路中, 第一电容Cs1和第二电容Cs2的电压分别等于1/2母线电压), 因此当第
15 一开关管T1与第四开关管T4闭合, 或者第二开关管T2与第三开关管T3闭合时, 第三电容Csy1或第四电容Csy2需要放出额外多出的电压, 此过程会造成电路的外损耗。因此, 本申请实施例中的第二种实施方式能够有效防止因开关速度不同产生谐振问题, 但是会带来一定的电路损耗, 因此第二种实施方式可以作为一种候选的实施方式。

20 二、第三电容Csy1和第四电容Csy2均跨接在母线上的第二电容Cs2和直流电源负极之间。

请参阅图4, 如图4所示, 在第三种实施方式中, 第三电容Csy1与母线的连接点G设置在第二电容Cs2和直流电源负极之间, 第三电容Csy1与第一竖桥10通过连接点H连接; 第四电容Csy2与母线的连接点I设置在第二电容Cs2和直流电源负极之间, 第四电容Csy2与第二竖桥20通过连接点J连接。

25 本实施例中, 在逆变输出正半周期的开启阶段, 第一开关管T1与第四开关管T4闭合, 此时, 电流从第一电容Cs1出发, 依次经过第一开关管T1、第一电感L1、交流电网AC、第二电感L2、第四开关管T4及第二电容Cs2; 在逆变输出正半周期的续流阶段, 第一开关管T1与第四开关管T4断开, 若第四开关管T4断开的速度与第一开关管T1断开的速度不同, 所产生的母线正电压向第三电容Csy1充电, 从而使得第三电容Csy1能够吸收母线、第一竖桥10
30 和第二竖桥20上升高的电压, 杜绝了由于电压升高导致的波动, 从而有效防止了HERIC拓扑逆变电路工作过程中因第一开关和第四开关的断开速度不同产生谐振问题。

在逆变输出负半周期的开启阶段, 第二开关管T2与第三开关管T3闭合, 此时, 电流从第二电容Cs2出发, 依次经过第二开关管T2、第一电感L1、交流电网AC、第二电感L2、第三开关管T3及第一电容Cs1; 在逆变输出负半周期的续流阶段, 第二开关管T2与第三开关管T3
35 断开, 若第二开关管T2断开的速度与第三开关管T3断开的速度不同, 所产生的母线负电压向第四电容Csy2充电, 从而使得第四电容Csy2能够吸收母线、第一竖桥10和第二竖桥20上的电压变化, 杜绝了由于电压变化导致的波动, 从而有效防止了HERIC拓扑逆变电路工作过

程中因第二开关和第三开关的断开速度不同产生谐振问题。

需要说明的是,在上述第三种实施方式中,通过将第三电容C_{Sy1}和第四电容C_{Sy2}跨接在母线电压负的位置,从而使得第一开关管T1和第四开关管T4断开的瞬间,第三电容C_{Sy1}能够吸收电压波动,从而对电路起到稳定的作用,同样地,在第二开关管T2和第三开关管T3断开的瞬间,第四电容C_{Sy2}能够吸收电压波动,从而对电路起到稳定的作用。进一步地,当第一开关管T1、第二开关管T2、第三开关管T3及第四开关管T4全部断开时,第一电容C_{S1}的电压使得电路依次途径第三电容C_{Sy1}和第四电容C_{Sy2}流经整个回路,此时,第三电容C_{Sy1}和第四电容C_{Sy2}分别被充上一个母线电压,当第一开关管T1与第四开关管T4闭合,或者第二开关管T2与第三开关管T3闭合时,由于第三电容C_{Sy1}放出的电压或第四电容C_{Sy2}放出的电压大于第一电容C_{S1}或第二电容C_{S2}放出的电压值(如前所述,第一电容C_{S1}与第二电容C_{S2}组成的分压电路中,第一电容C_{S1}和第二电容C_{S2}的电压分别等于1/2母线电压),因此当第一开关管T1与第四开关管T4闭合,或者第二开关管T2与第三开关管T3闭合时,第三电容C_{Sy1}或第四电容C_{Sy2}需要放出额外多出的电压,此过程会造成电路的外损耗。因此,本申请实施例中的第三种实施方式能够有效防止因开关速度不同产生谐振问题,但是会带来一定的电路损耗;本申请第三种实施方式与上述第二种实施方式等效,区别在于在第二种实施方式中,第三电容C_{Sy1}和第四电容C_{Sy2}跨接在母线的电压正位置,在第二种实施方式中,第三电容C_{Sy1}和第四电容C_{Sy2}跨接在母线的电压负位置,因此第三种实施方式可以作为上述第二种实施方式的替换方案。

上述介绍了本申请实施例中,在HERIC拓扑逆变电路基础上改进的三个方案,分别为:
第一种实施方式:在第一电容C_{S1}和第二电容C_{S2}之间(即母线中点)跨接第三电容C_{Sy1}和第四电容C_{Sy2};第二种实施方式:在第一电容C_{S1}与直流电源正极之间(即母线正)跨接第三电容C_{Sy1}和第四电容C_{Sy2};第三种实施方式:在第二电容C_{S2}与直流电源负极之间(即母线负)跨接第三电容C_{Sy1}和第四电容C_{Sy2}。可选地,基于上述方式进行排列组合,还可以包括以下实现方式:

第四种实施方式:第三电容C_{Sy1}跨接在母线中点,第四电容C_{Sy2}跨接在母线正;

第五种实施方式:请参阅图16,如图16所示,第三电容C_{Sy1}跨接在母线中点,第四电容C_{Sy2}跨接在母线负;

第六种实施方式:第四电容C_{Sy2}跨接在母线中点,第三电容C_{Sy1}跨接在母线正;

第七种实施方式:第四电容C_{Sy2}跨接在母线中点,第三电容C_{Sy1}跨接在母线负;

第八种实施方式:请参阅图17,如图17所示,第三电容C_{Sy1}跨接在母线正,第四电容C_{Sy2}跨接在母线负;

第九种实施方式:第三电容C_{Sy1}跨接在母线负,第四电容C_{Sy2}跨接在母线正。

在上述第四至第九种实施方式中,第三电容C_{Sy1}及第四电容C_{Sy2}的跨接方式的连接方案和工作原理可参阅上述第一至第三种实施方式,区别仅仅在于跨接方式的排列组合不同,因此此处不再赘述。

需要说明的是,在上述任意一种实施例中,为了保护第三电容C_{Sy1}和第四电容C_{Sy2}充电的稳定性,可以在第三电容C_{Sy1}和第四电容C_{Sy2}上串联阻抗网络,从而在第三电容C_{Sy1}

和第四电容Csy2充电的过程中，保持第三电容Csy1和第四电容Csy2充电的稳定性，具体地，该阻抗网络包括串联的至少一个电感，和/或，至少一个电阻。为便于理解，以下结合附图对阻抗网络的不同情况做具体的说明。

请参阅图5，如图5所示，图5为在本申请实施例第一种实施方式的基础上，在第三电
5 容Csy1和第四电容Csy2上分别串联设置电感Ls1和电感Ls2，其中，电感Ls1与第三电容Csy1
串联，电感Ls2与第四电容Csy2串联。

本实施例中，电感Ls1和电感Ls2能够在第三电容Csy1和第四电容Csy2被充电的过程
中，分担第三电容Csy1和第四电容Csy2被充入的电流，从而避免第三电容Csy1和第四电容
Csy2因瞬时过大电量的充电而导致第三电容Csy1和第四电容Csy2发生损坏。当向第三电容
10 Csy1和第四电容Csy2的充电结束时，电感Ls1和电感Ls2可以释放被充入的电量，缓慢向第
三电容Csy1和第四电容Csy2充电，从而在确保大电流不对第三电容Csy1和第四电容Csy2造
成损坏的同时，不对过剩的电流造成浪费。

进一步地，请参阅图6，如图6所示，图6为在本申请实施例第一种实施方式的基础上，
在第三电容Csy1和第四电容Csy2上分别串联设置电阻Rs1及电阻Rs2，其中，电阻Rs1与第三
15 电容Csy1串联，电阻Rs2与第四电容Csy2串联。

本实施例中，当第三电容Csy1和第四电容Csy2被充电的过程中，若所充电流过大，第
三电容Csy1和第四电容Csy2所串联的电阻Rs1及电阻Rs2能够将额外的电能转化掉，从而保
护第三电容Csy1和第四电容Csy2，防止第三电容Csy1和第四电容Csy2因大电量充电发生损
坏。

进一步地，请参阅图7，如图7所示，图7为在本申请实施例第一种实施方式的基础上，
在第三电容Csy1和第四电容Csy2上分别串联设置电感Ls1、电感Ls2、电阻Rs1及电阻Rs2，
其中，电感Ls1及电阻Rs1与第三电容Csy1串联，电感Ls2及电阻Rs2与第四电容Csy2串联。

本实施例中，电感Ls1和电感Ls2能够在第三电容Csy1和第四电容Csy2被充电的过程
中，分担第三电容Csy1和第四电容Csy2被充入的电流，从而避免第三电容Csy1和第四电容
25 Csy2因瞬时过大电量的充电而导致第三电容Csy1和第四电容Csy2发生损坏，进一步地，所
串联的电阻Rs1及电阻Rs2能够将额外的电能转化掉，从而进一步保护第三电容Csy1和第四
电容Csy2，防止第三电容Csy1和第四电容Csy2因大电量充电发生损坏。

请参阅图8，如图8所示，图8为在本申请实施例第二种实施方式的基础上，在第三电
容Csy1和第四电容Csy2上分别串联设置电感Ls1和电感Ls2，其中，电感Ls1与第三电容Csy1
30 串联，电感Ls2与第四电容Csy2串联。

本实施例中，电感Ls1和电感Ls2能够在第三电容Csy1和第四电容Csy2被充电的过程
中，分担第三电容Csy1和第四电容Csy2被充入的电流，从而避免第三电容Csy1和第四电容
Csy2因瞬时过大电量的充电而导致第三电容Csy1和第四电容Csy2发生损坏。当向第三电容
Csy1和第四电容Csy2的充电结束时，电感Ls1和电感Ls2可以释放被充入的电量，缓慢向第
35 三电容Csy1和第四电容Csy2充电，从而在确保大电流不对第三电容Csy1和第四电容Csy2造
成损坏的同时，不对过剩的电流造成浪费。

进一步地，请参阅图9，如图9所示，图9为在本申请实施例第二种实施方式的基础上，

在第三电容Csy1和第四电容Csy2上分别串联设置电阻Rs1及电阻Rs2，其中，电阻Rs1与第三电容Csy1串联，电阻Rs2与第四电容Csy2串联。

本实施例中，当第三电容Csy1和第四电容Csy2被充电的过程中，若所充电流过大，第三电容Csy1和第四电容Csy2所串联的电阻Rs1及电阻Rs2能够将额外的电能转化掉，从而保护第三电容Csy1和第四电容Csy2，防止第三电容Csy1和第四电容Csy2因大电量充电发生损坏。

进一步地，请参阅图10，如图10所示，图10为在本申请实施例第二种实施方式的基础上，在第三电容Csy1和第四电容Csy2上分别串联设置电感Ls1、电感Ls2、电阻Rs1及电阻Rs2，其中，电感Ls1及电阻Rs1与第三电容Csy1串联，电感Ls2及电阻Rs2与第四电容Csy2串联。

本实施例中，电感Ls1和电感Ls2能够在第三电容Csy1和第四电容Csy2被充电的过程中，分担第三电容Csy1和第四电容Csy2被充入的电流，从而避免第三电容Csy1和第四电容Csy2因瞬时过大电量的充电而导致第三电容Csy1和第四电容Csy2发生损坏，进一步地，所串联的电阻Rs1及电阻Rs2能够将额外的电能转化掉，从而进一步保护第三电容Csy1和第四电容Csy2，防止第三电容Csy1和第四电容Csy2因大电量充电发生损坏。

请参阅图11，如图11所示，图11为在本申请实施例第三种实施方式的基础上，在第三电容Csy1和第四电容Csy2上分别串联设置电感Ls1和电感Ls2，其中，电感Ls1与第三电容Csy1串联，电感Ls2与第四电容Csy2串联。

本实施例中，电感Ls1和电感Ls2能够在第三电容Csy1和第四电容Csy2被充电的过程中，分担第三电容Csy1和第四电容Csy2被充入的电流，从而避免第三电容Csy1和第四电容Csy2因瞬时过大电量的充电而导致第三电容Csy1和第四电容Csy2发生损坏。当向第三电容Csy1和第四电容Csy2的充电结束时，电感Ls1和电感Ls2可以释放被充入的电量，缓慢向第三电容Csy1和第四电容Csy2充电，从而在确保大电流不对第三电容Csy1和第四电容Csy2造成损坏的同时，不对过剩的电流造成浪费。

进一步地，请参阅图12，如图12所示，图12为在本申请实施例第三种实施方式的基础上，在第三电容Csy1和第四电容Csy2上分别串联设置电阻Rs1及电阻Rs2，其中，电阻Rs1与第三电容Csy1串联，电阻Rs2与第四电容Csy2串联。

本实施例中，当第三电容Csy1和第四电容Csy2被充电的过程中，若所充电流过大，第三电容Csy1和第四电容Csy2所串联的电阻Rs1及电阻Rs2能够将额外的电能转化掉，从而保护第三电容Csy1和第四电容Csy2，防止第三电容Csy1和第四电容Csy2因大电量充电发生损坏。

进一步地，请参阅图13，如图13所示，图13为在本申请实施例第三种实施方式的基础上，在第三电容Csy1和第四电容Csy2上分别串联设置电感Ls1、电感Ls2、电阻Rs1及电阻Rs2，其中，电感Ls1及电阻Rs1与第三电容Csy1串联，电感Ls2及电阻Rs2与第四电容Csy2串联。

本实施例中，电感Ls1和电感Ls2能够在第三电容Csy1和第四电容Csy2被充电的过程中，分担第三电容Csy1和第四电容Csy2被充入的电流，从而避免第三电容Csy1和第四电容Csy2因瞬时过大电量的充电而导致第三电容Csy1和第四电容Csy2发生损坏，进一步地，所串联的电阻Rs1及电阻Rs2能够将额外的电能转化掉，从而进一步保护第三电容Csy1和第四

电容Csy2，防止第三电容Csy1和第四电容Csy2因大电量充电发生损坏。

进一步地，在上述第四至第九种实施方式的基础上，也可以在第三电容Csy1及第四电容Csy2中设置阻抗网络，具体的设置方式可参阅上述第一至第三种实施方式，区别仅仅在于跨接方式的排列组合不同，因此此处不再赘述。

需要说明的是，当上述设置了阻抗网络时，阻抗网络可以保护第三电容Csy1和第四电容Csy2，防止第三电容Csy1和第四电容Csy2在充电过程中损坏，同时，阻抗网络的存在也会降低第三电容Csy1和第四电容Csy2，从而一定程度上影响第三电容Csy1和第四电容Csy2在开关管断开过程中对于谐振问题的保护情况，因此，用户可根据实际使用情况，选择是否增加阻抗网络，以及阻抗网络中，具体设置的电容电感数量。

如图14所示，本申请实施例还提供一种逆变器，该逆变器包括控制单元1401及逆变功率单元1402，该控制单元用于控制该逆变功率单元的工作，其中，该逆变功率单元1402包括上述任意一种实施方式所述的逆变电路，可以参阅前述逆变电路的描述进行理解；该控制单元1401可以包括控制芯片及用于实现该控制芯片功能的电路结构。其中，该控制单元1401控制逆变功率单元1402的工作，可以包括，控制单元1401控制逆变功率单元1402中逆变电路的各个开关管的开闭。

如图15所示，本申请实施例还提供一种光伏发电系统，包括：光伏板1501、逆变器1502和交流电网1503；该光伏板1501与该逆变器1502相连，该逆变器1502与该交流电网1503相连；该光伏板1501用于将光能转化为直流电；该逆变器1502包括上述任意一种实施例所述的逆变电路，用于将该直流电转换为交流电；该交流电网1503用于传输该交流电。

本实施例中，逆变器将光伏板通过太阳能发电产生的直流电转化为交流电并入交流电网，从而使得太阳能得以利用，其中，该逆变器中所包含的逆变电路为上述任意一种实施例所述的逆变电路，可以参阅前述逆变电路的描述进行理解，该逆变电路不仅能够将交流电转化为直流电，还可以避免因谐振现象带来的EMC问题。

以上对本申请实施例所提供的逆变电路、逆变器及光伏发电系统进行了详细介绍，本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想；同时，对于本领域的一般技术人员，依据本申请的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，综上所述，本说明书内容不应理解为对本申请的限制。

权 利 要 求

1、一种逆变电路，其特征在于，包括：母线、第一竖桥、第二竖桥、横桥及滤波器，其中，所述母线上设置有电容组，所述母线与直流电源并联，所述电容组包括串联设置的第一电容和第二电容；

5 所述母线与所述第一竖桥并联，所述第一竖桥与所述第二竖桥并联，所述第一竖桥包括串联的第一开关管和第二开关管，所述第二竖桥包括串联的第三开关管和第四开关管，所述横桥的两端分别与所述第一竖桥和所述第二竖桥连接；

 所述滤波器并联在所述横桥上，所述滤波器与交流电网连接，所述横桥用于通过所述滤波器向交流电网供电；

10 所述逆变电路还包括：

 第三电容，所述第三电容连接在所述母线与所述第一竖桥之间，其中，所述第三电容所在线路与所述第一竖桥的连接点位于所述第一开关管与所述第二开关管之间；

 第四电容，所述第四电容连接在所述母线与所述第二竖桥之间，其中，所述第四电容所在线路与所述第二竖桥的连接点位于所述第三开关管与所述第四开关管之间。

15 2、根据权利要求1所述的逆变电路，其特征在于，所述第三电容所在线路上串联设置有至少一个电感，和/或，所述第四电容所在线路上串联设置有至少一个电感。

 3、根据权利要求1所述的逆变电路，其特征在于，所述第三电容所在线路上串联设置有至少一个电阻，和/或，所述第四电容所在线路上串联设置有至少一个电阻。

20 4、根据权利要求1所述的逆变电路，其特征在于，所述第三电容所在线路上串联设置有至少一个电感及至少一个电阻，和/或，所述第四电容所在线路上串联设置有至少一个电感及至少一个电阻。

 5、根据权利要求1至4任一所述的逆变电路，其特征在于，所述第三电容所在线路与所述母线的连接点以及所述第四电容所在线路与所述母线的连接点，均设置在所述第一电容和所述第二电容之间。

25 6、根据权利要求1至4任一所述的逆变电路，其特征在于，所述第三电容所在线路与所述母线的连接点以及所述第四电容所在线路与所述母线的连接点，均不设置在所述第一电容和所述第二电容之间。

30 7、根据权利要求1至4任一所述的逆变电路，其特征在于，在所述第三电容所在线路与所述母线的连接点以及所述第四电容所在线路与所述母线的连接点中，仅有一个连接点设置在所述第一电容与所述第二电容之间。

 8、根据权利要求1至7任一所述的逆变电路，其特征在于，所述滤波器包括第一电感及第二电感，所述横桥包括续流开关组，其中，

 所述第一电感连接在所述第一竖桥与所述交流电网之间，所述第二电感连接在所述交流电网与所述第二竖桥之间，所述续流开关组并联在所述第一电感及所述第二电感之间。

35 9、根据权利要求8所述的逆变电路，其特征在于，所述续流开关组包括串联的第五开关管和第六开关管。

 10、一种逆变器，其特征在于，包括控制单元和逆变功率单元，所述控制单元用于控

—17—

制所述逆变功率单元的工作，其中，所述逆变功率单元包括如权利要求1-9任一所述的逆变电路。

11、一种光伏发电系统，其特征在于，包括：

光伏板、逆变器和交流电网；

5 所述光伏板与所述逆变器相连，所述逆变器与所述交流电网相连；

所述光伏板用于将光能转化为直流电；

所述逆变器包括上述权利要求1-9任一所述的逆变电路，用于将所述直流电转换为交流电；

所述交流电网用于传输所述交流电。

10

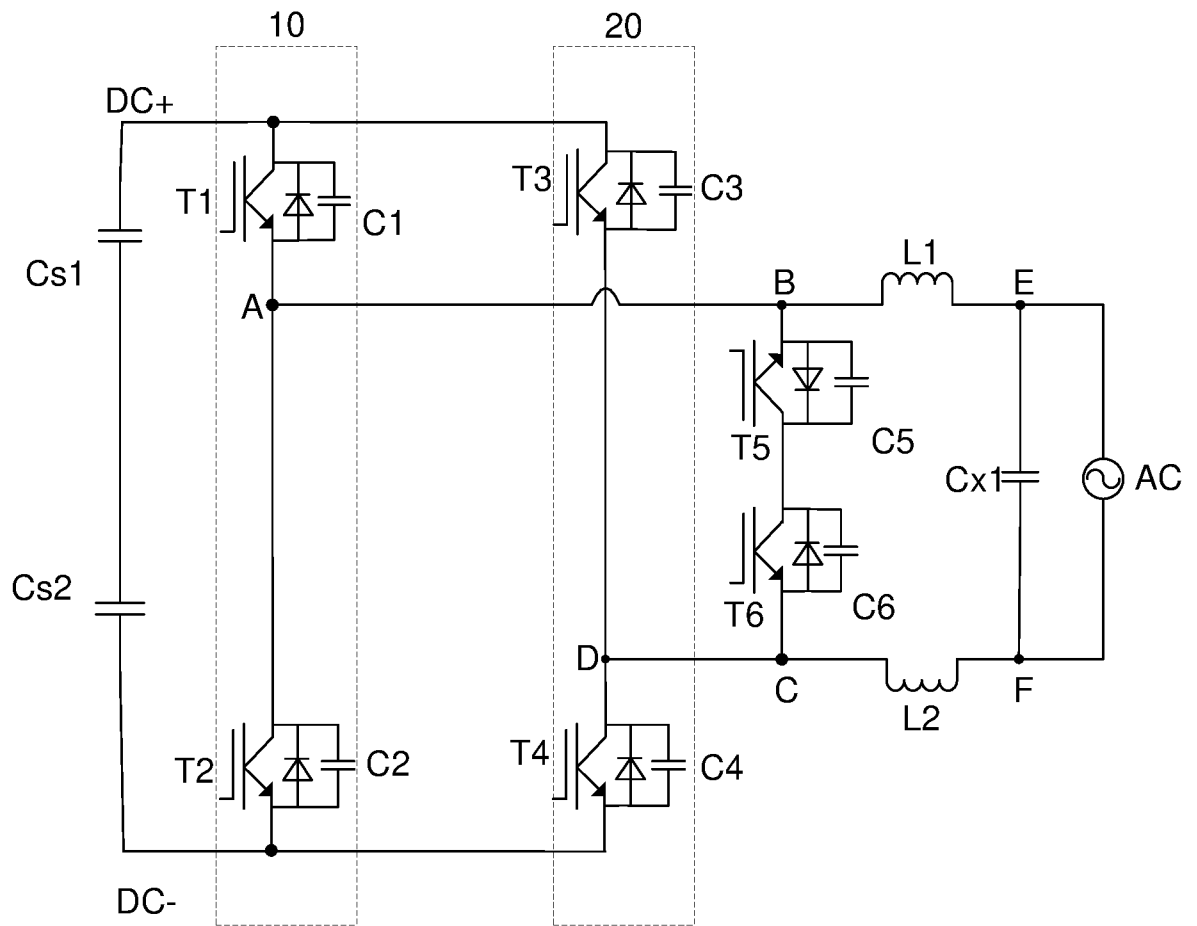


图 1

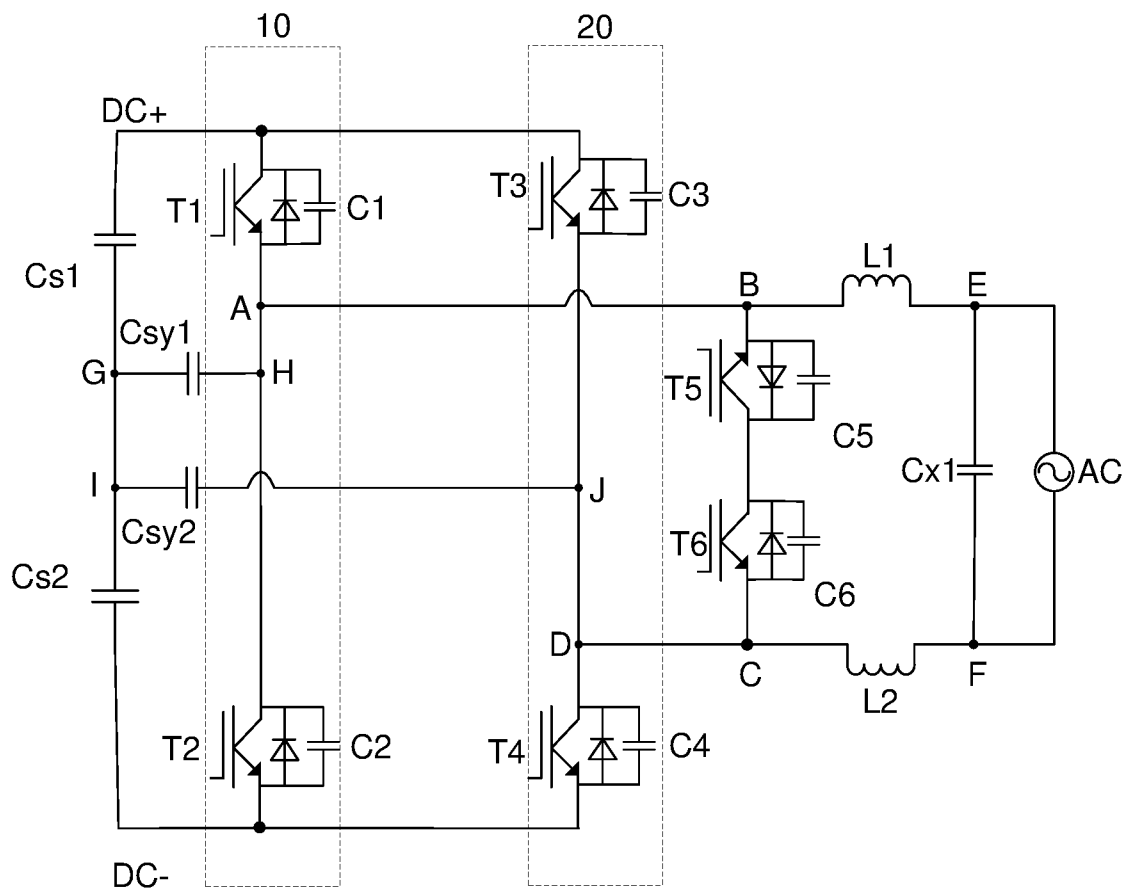


图 2

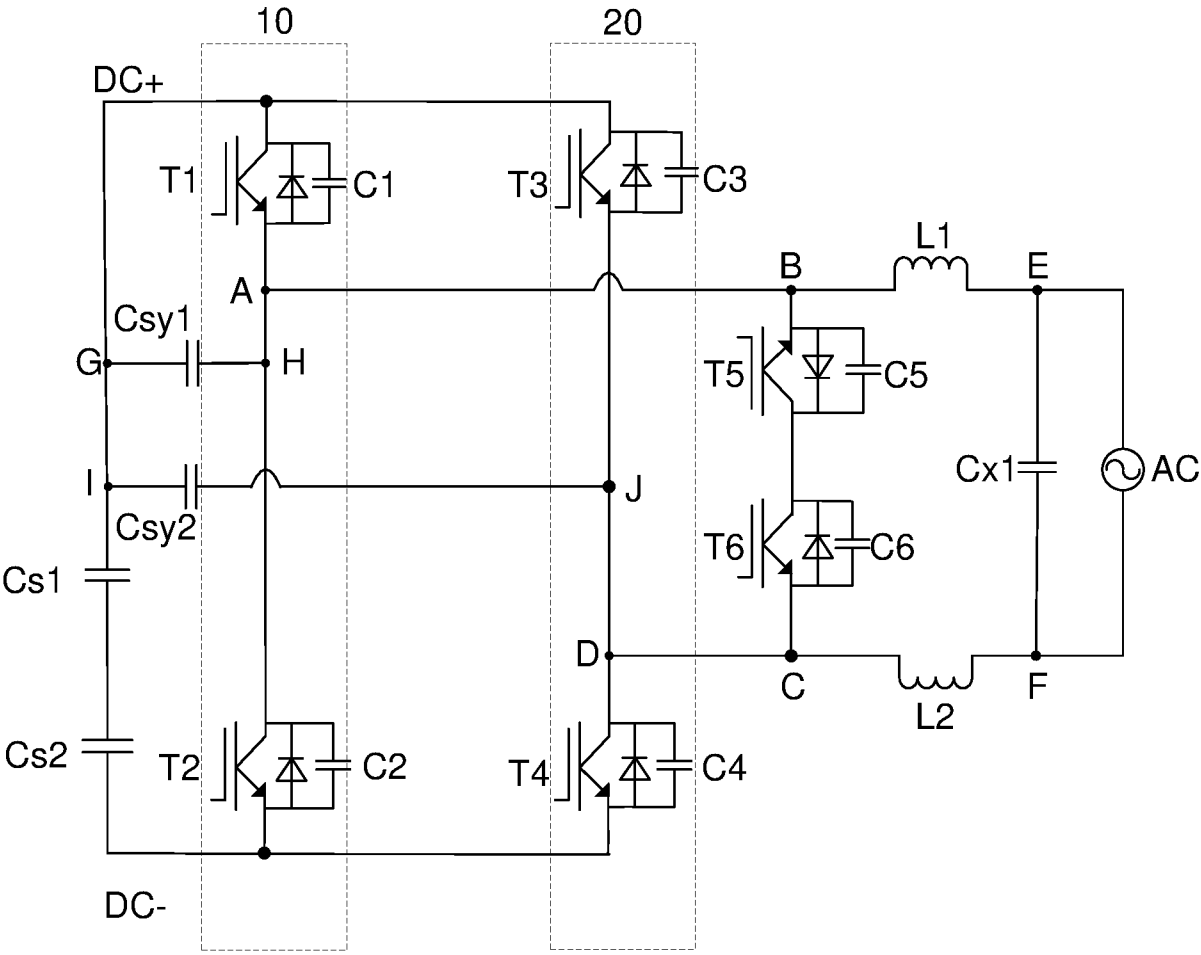


图 3

—4/14—

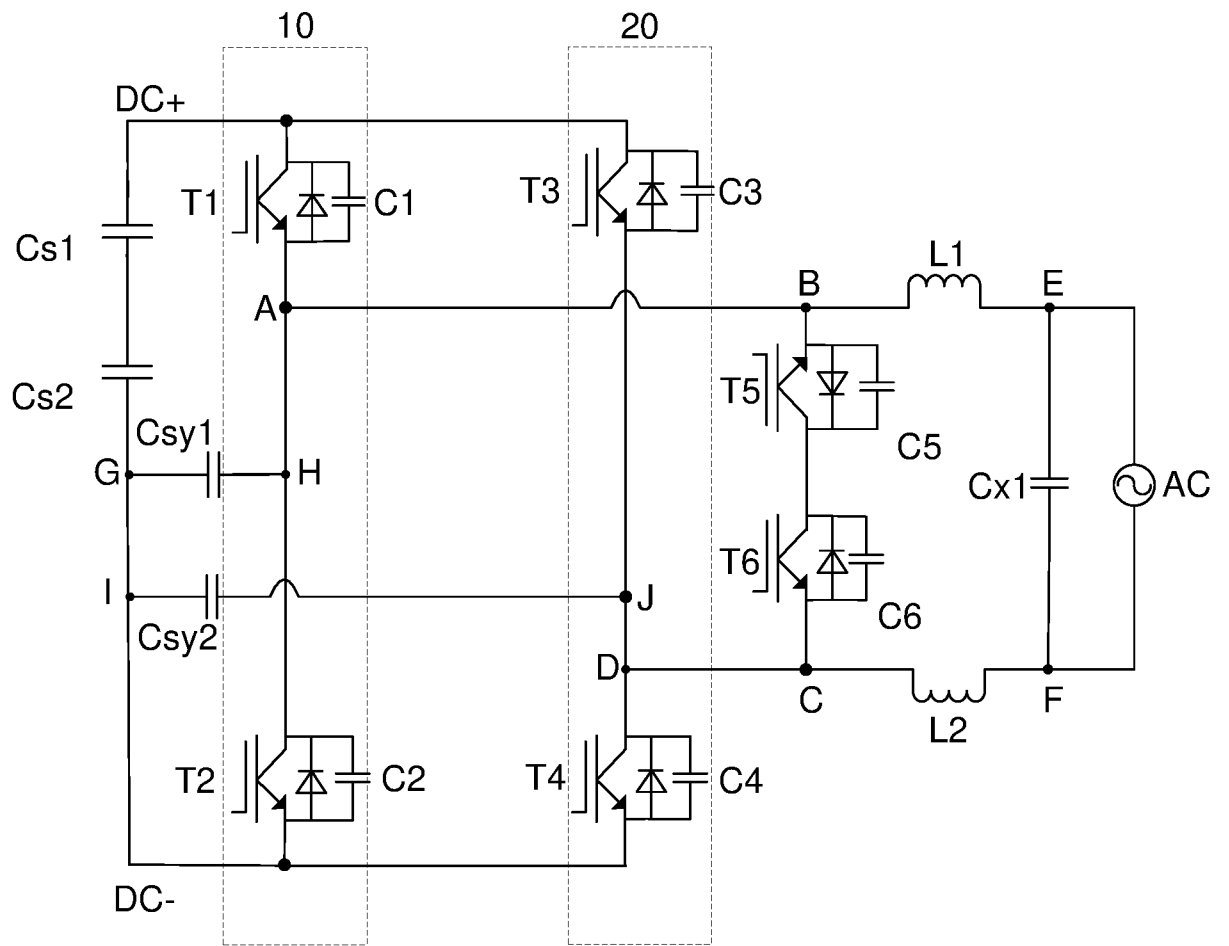


图 4

—5/14—

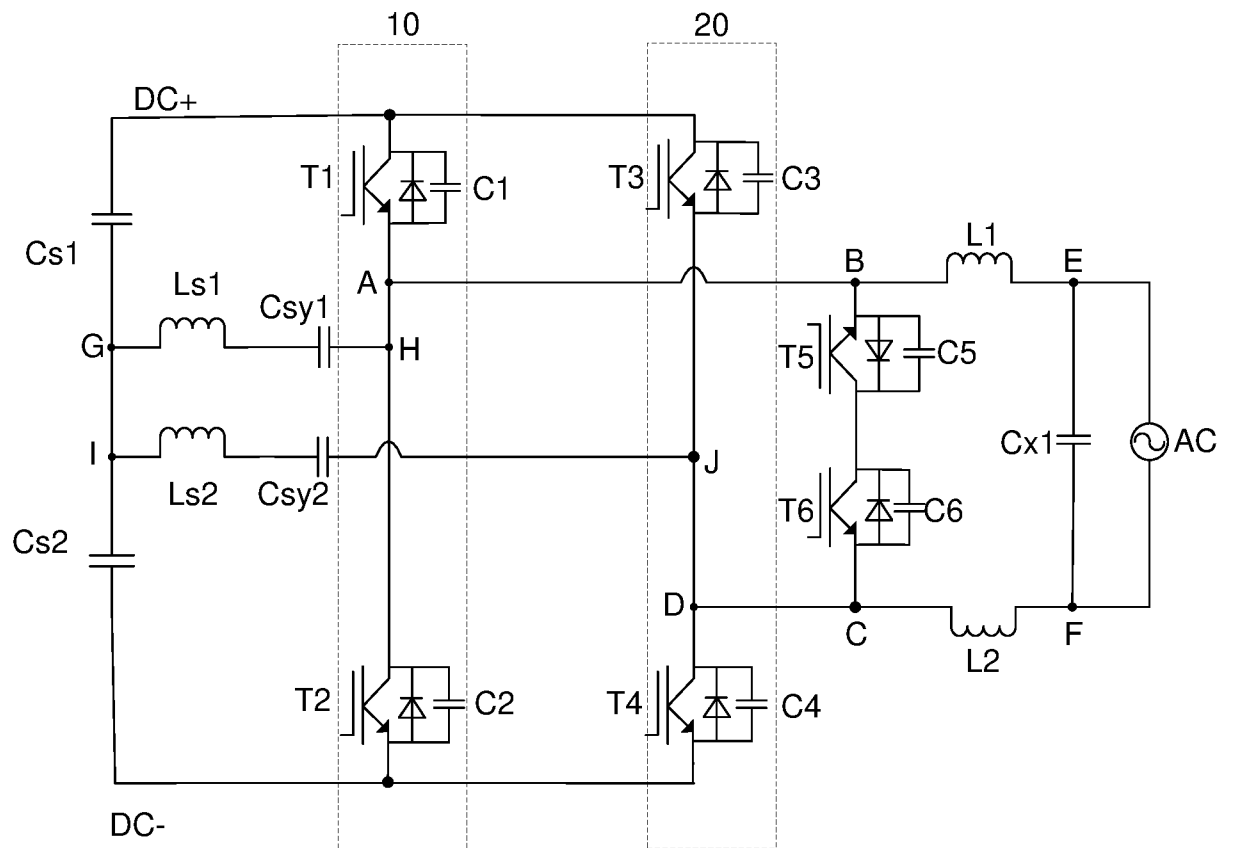


图 5

—6/14—

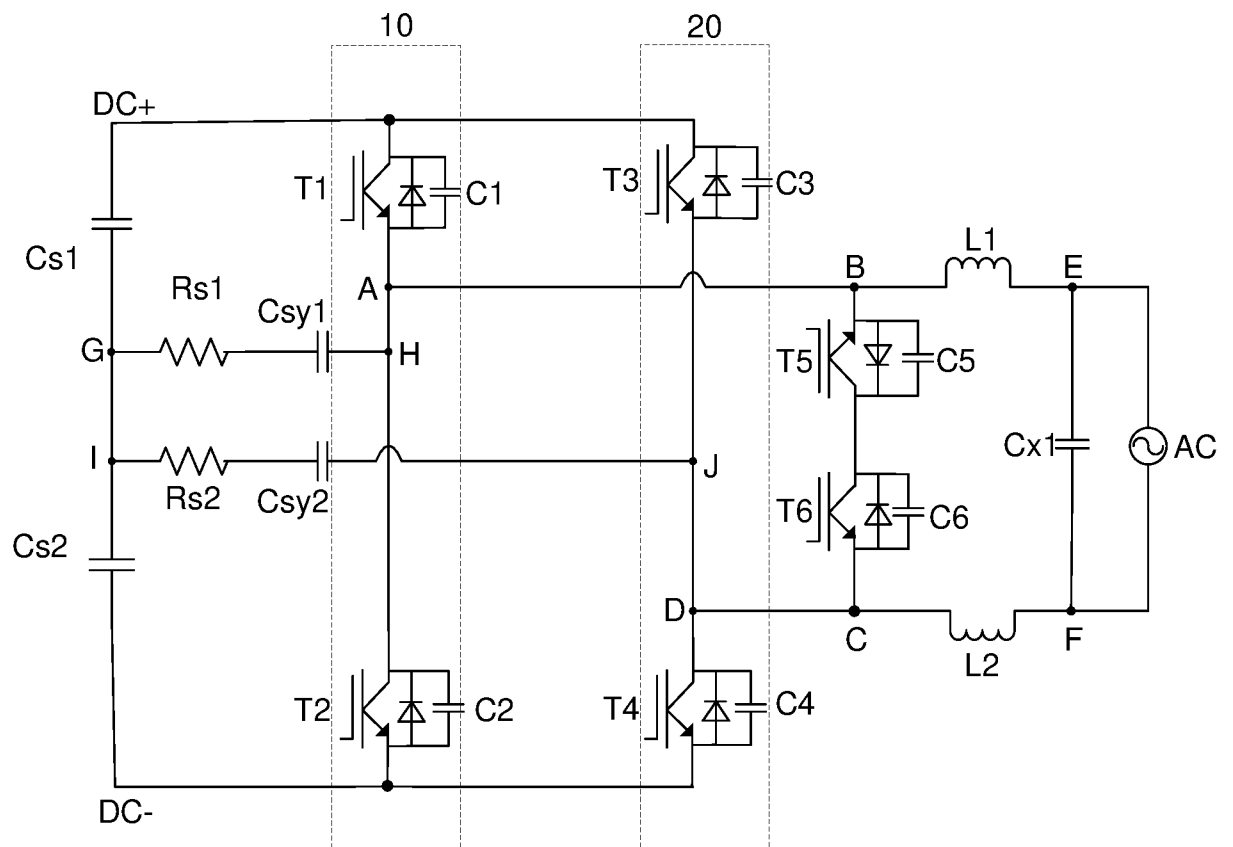


图 6

—7/14—

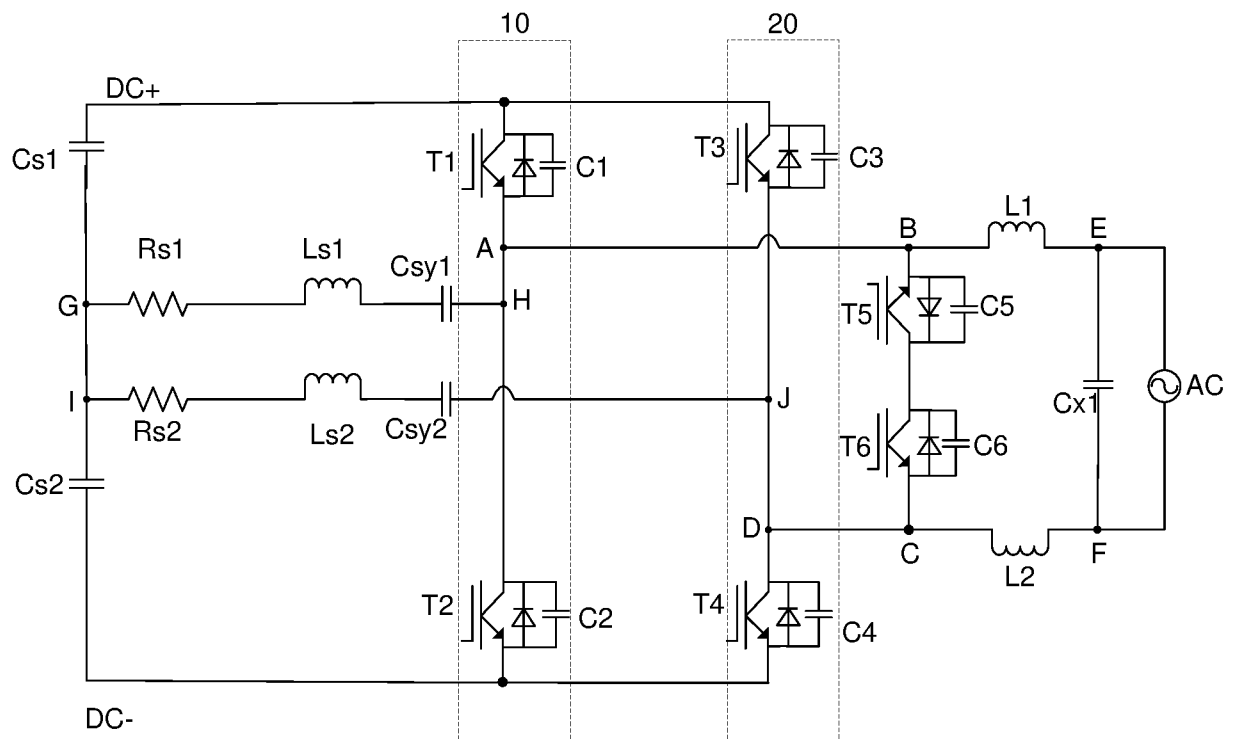


图 7

—8/14—

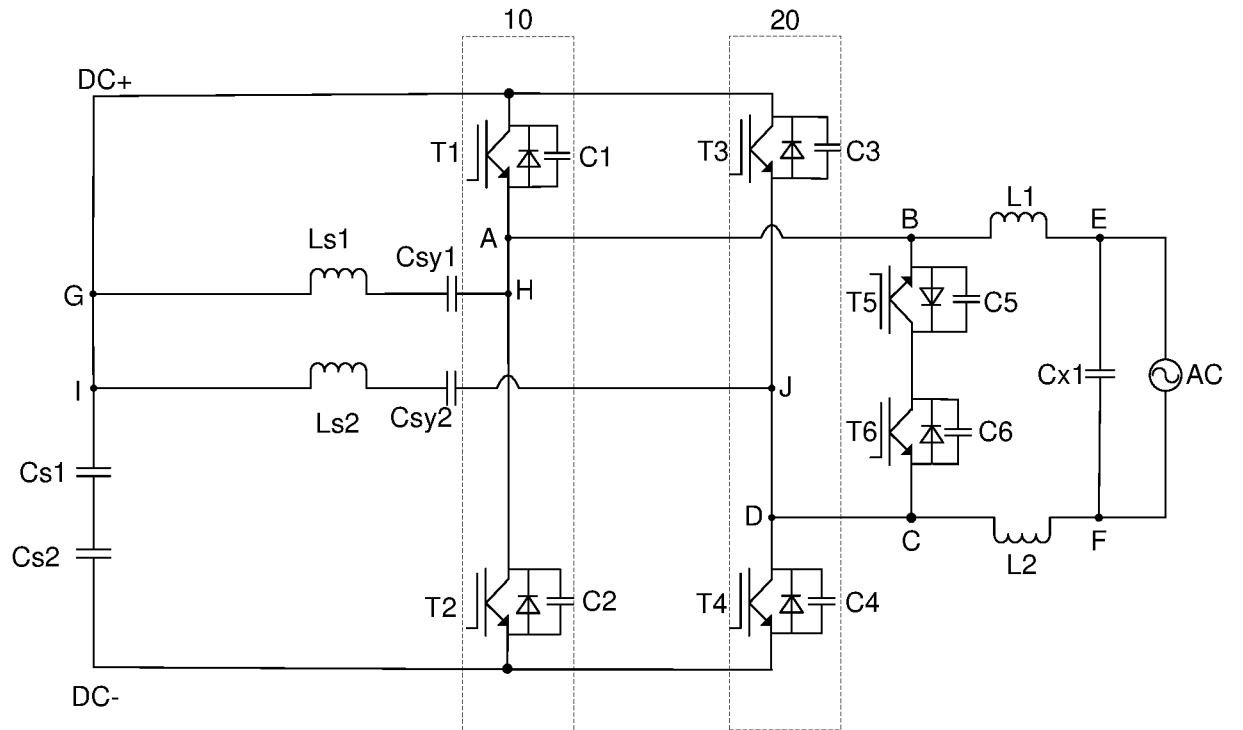


图 8

—9/14—

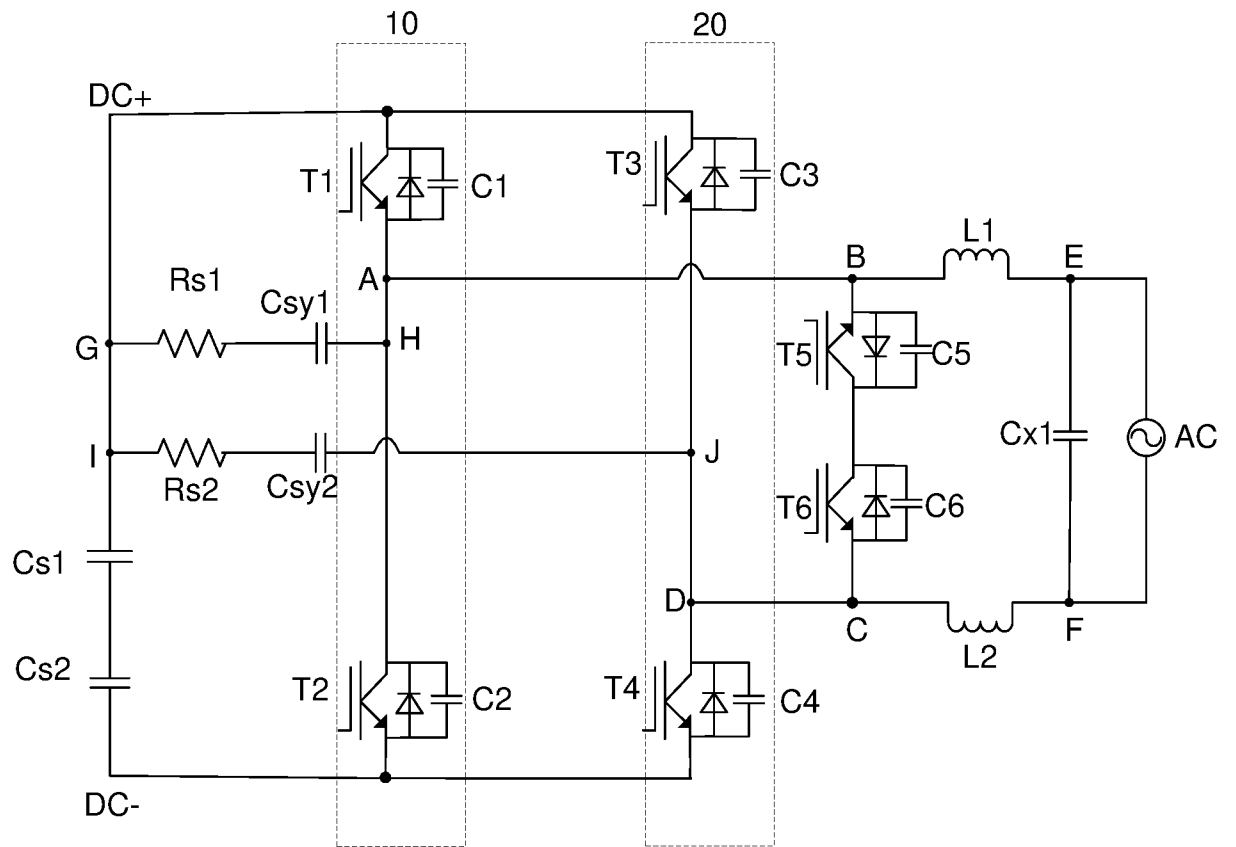


图 9

— 10/14 —

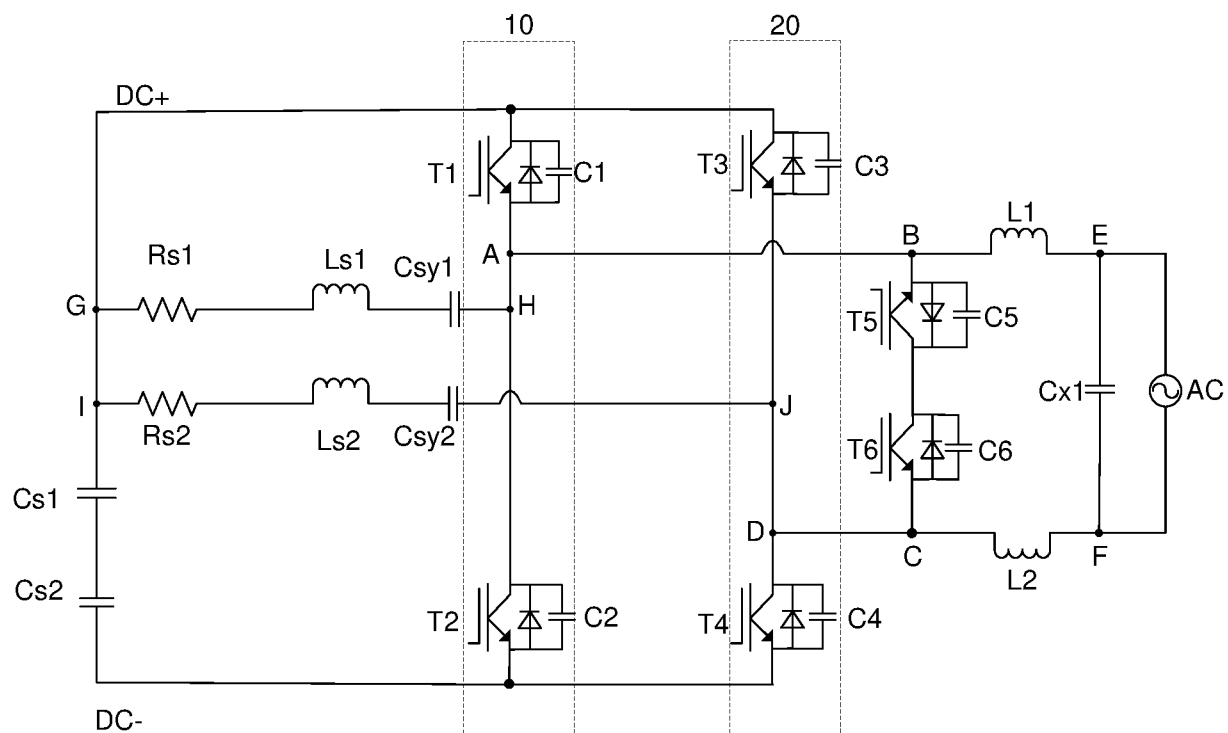


图 10

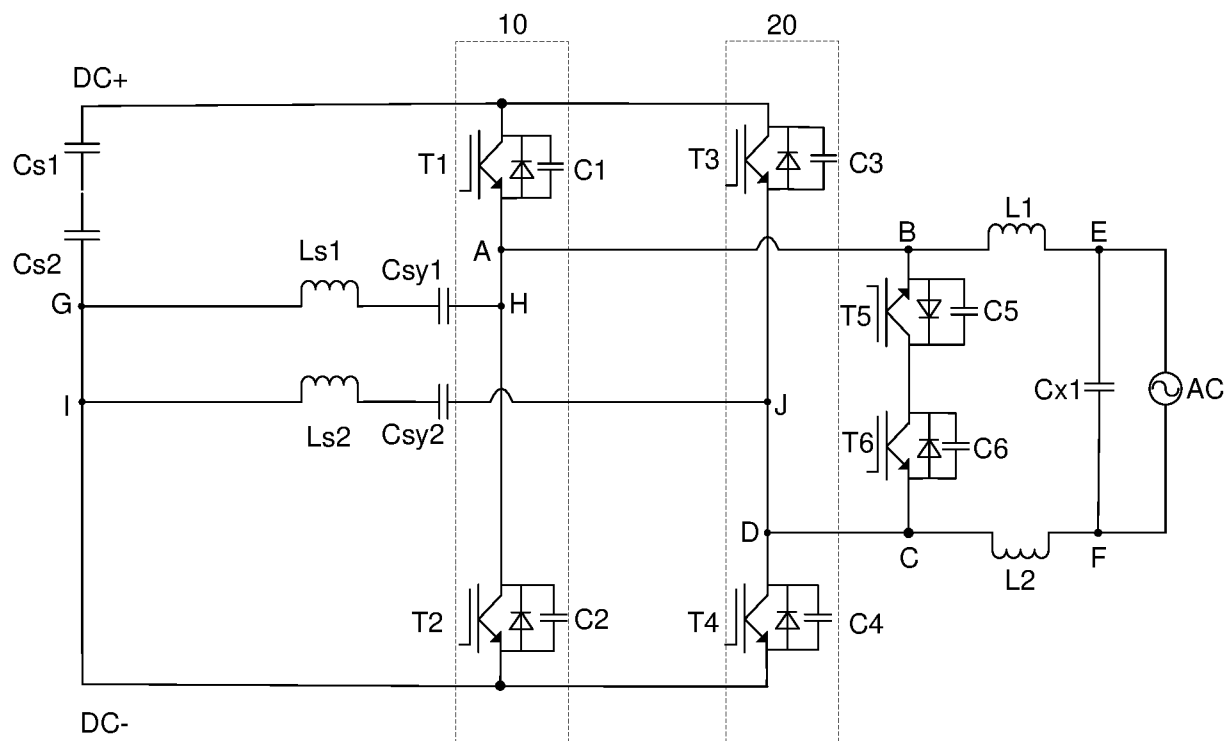


图 11

— 11/14 —

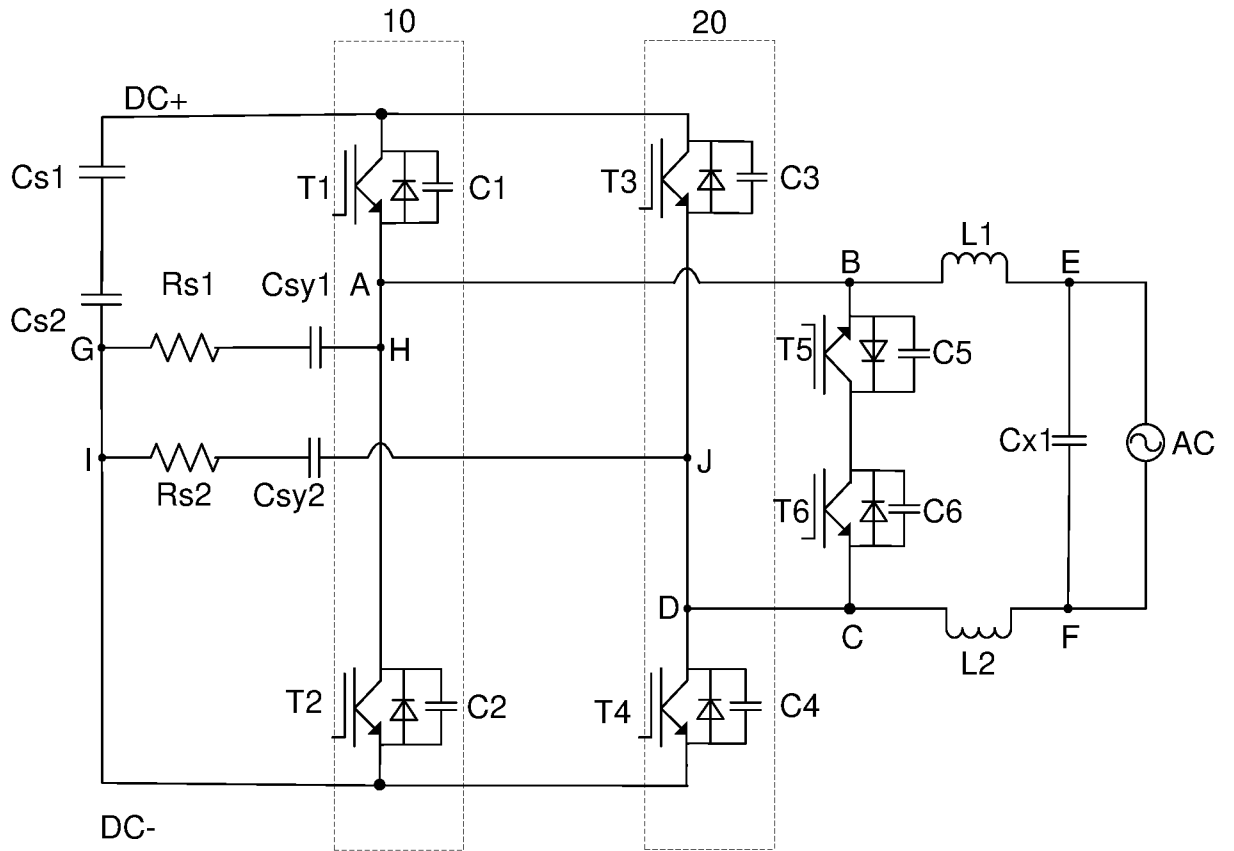


图 12

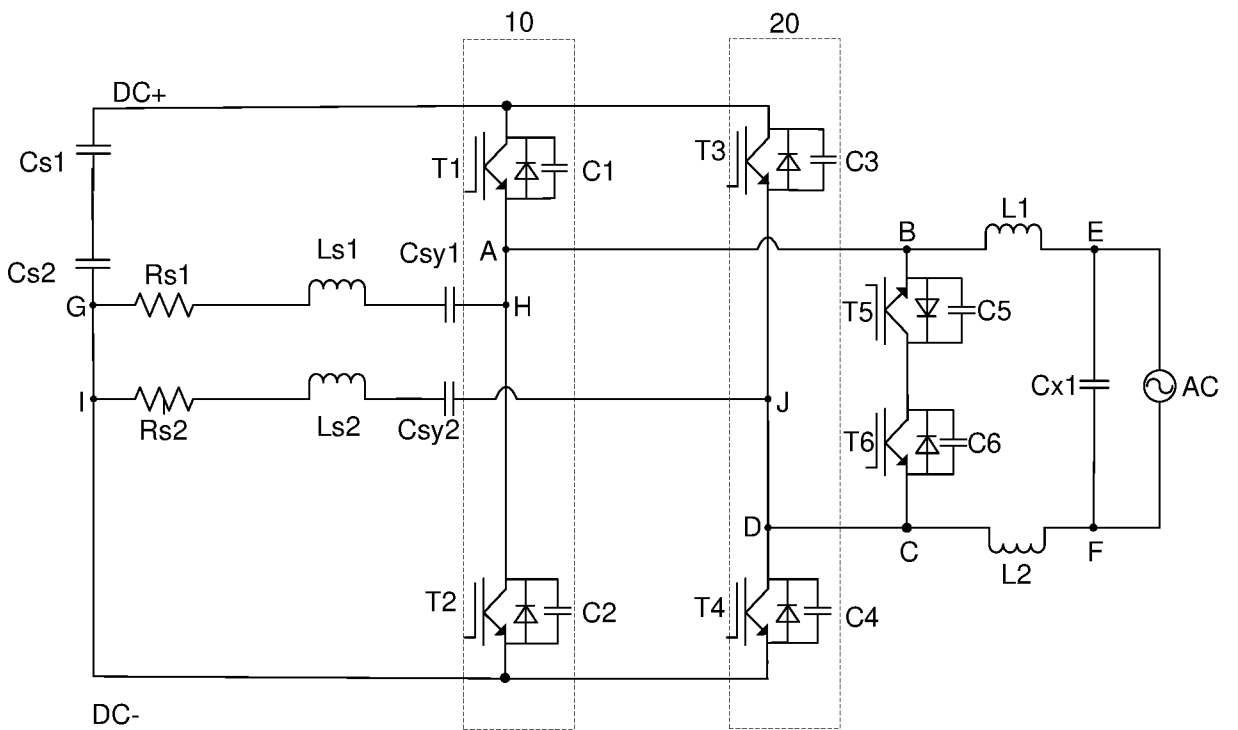


图 13

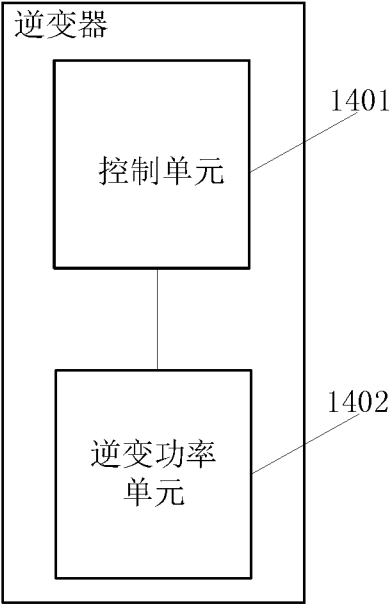


图 14

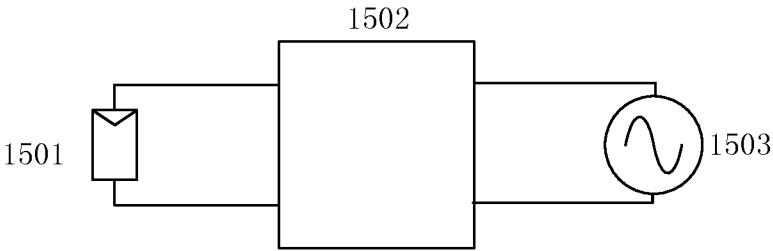


图 15

— 13/14 —

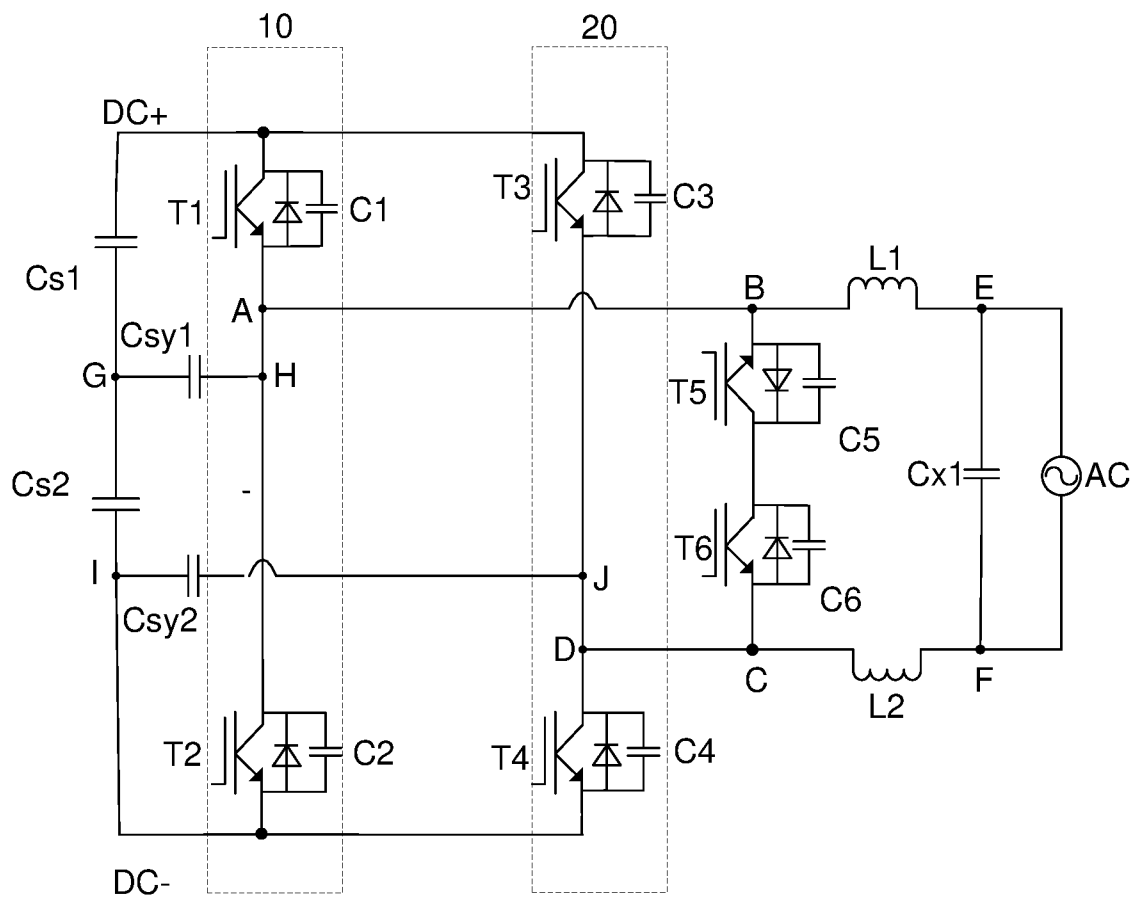


图 16

— 14/14 —

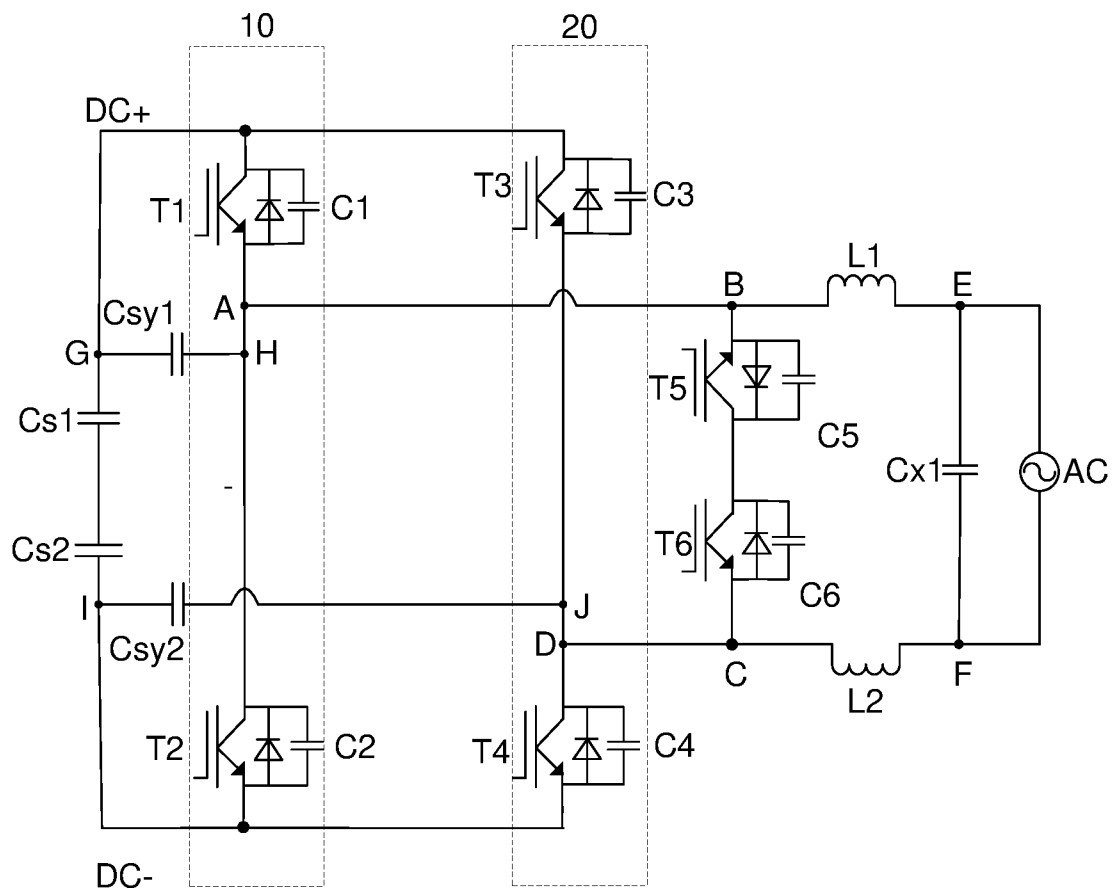


图 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/091982

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 7/537(2006.01)i; H02M 1/12(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)

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, DWPI, SIPOABS: 逆变; 母线; 竖桥; 滤波; 横桥; 电容; 开关; inverter; bus; vertical bridge; filter; transverse bridge; capacitor; switch

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110247571 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 17 September 2019 (2019-09-17) claims 1-11	1-11
Y	CN 106849722 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 13 June 2017 (2017-06-13) description paragraphs 21-46, figures 2-8	1-11
Y	CN 108832804 A (HARBIN ENGINEERING UNIVERSITY) 16 November 2018 (2018-11-16) description, paragraphs 17-63, and figures 1-5	1-11
Y	CN 109149647 A (SHANGHAI UNIVERSITY OF ELECTRIC POWER) 04 January 2019 (2019-01-04) description paragraphs 42-104, figures 1-17	11,
A	EP 2717405 A1 (BORRI S.P.A) 09 April 2014 (2014-04-09) entire document	1-11



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

15 July 2020

Date of mailing of the international search report

27 July 2020

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/CN2020/091982

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110247571	A	17 September 2019	None			
CN	106849722	A	13 June 2017	None			
CN	108832804	A	16 November 2018	CN	108832804	B	07 April 2020
CN	109149647	A	04 January 2019	CN	109149647	B	30 August 2019
EP	2717405	A1	09 April 2014	HK	1196477	A1	12 August 2016
				EP	2717405	B1	19 August 2015
				HK	1196477	A0	12 December 2014
				IT	1413548	B	30 January 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/091982

A. 主题的分类

H02M 7/537(2006.01)i; H02M 1/12(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)

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、DWPI、SIPOABS: 逆变; 母线; 竖桥; 滤波; 横桥; 电容; 开关; inverter; bus; vertical bridge; filter; transverse bridge; capacitor; switch

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
PX	CN 110247571 A (华为技术有限公司) 2019年 9月 17日 (2019 - 09 - 17) 权利要求1-11	1-11
Y	CN 106849722 A (中南大学) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 说明书第21-46段, 附图2-8	1-11
Y	CN 108832804 A (哈尔滨工程大学) 2018年 11月 16日 (2018 - 11 - 16) 说明书17-63段, 附图1-5	1-11
Y	CN 109149647 A (上海电力学院) 2019年 1月 4日 (2019 - 01 - 04) 说明书第42-104段, 附图1-17	11
A	EP 2717405 A1 (BORRI S.P.A) 2014年 4月 9日 (2014 - 04 - 09) 全文	1-11

☐ 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 7月 15日

国际检索报告邮寄日期

2020年 7月 27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

授权官员

曹志明

电话号码 (86-10)62412307

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/091982

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	110247571	A	2019年 9月 17日	无			
CN	106849722	A	2017年 6月 13日	无			
CN	108832804	A	2018年 11月 16日	CN	108832804	B	2020年 4月 7日
CN	109149647	A	2019年 1月 4日	CN	109149647	B	2019年 8月 30日
EP	2717405	A1	2014年 4月 9日	HK	1196477	A1	2016年 8月 12日
				EP	2717405	B1	2015年 8月 19日
				HK	1196477	A0	2014年 12月 12日
				IT	1413548	B	2015年 1月 30日