

(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
2024 年 6 月 20 日 (20.06.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/124679 A1

(51) 国际专利分类号:
H02M 7/483 (2007.01) **H02M 7/5387** (2007.01)
H02M 7/487 (2007.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/075455

(22) 国际申请日: 2023 年 2 月 10 日 (10.02.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202211598942.5 2022 年 12 月 12 日 (12.12.2022) CN

(71) 申请人: 苏州大学 (SOOCHOW UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国江苏省苏州市工业园区仁爱路
199 号, Jiangsu 215000 (CN)。

(72) 发明人: 杨勇 (YANG, Yong); 中国江苏省苏州市工
业园区仁爱路 199 号, Jiangsu 215000 (CN)。

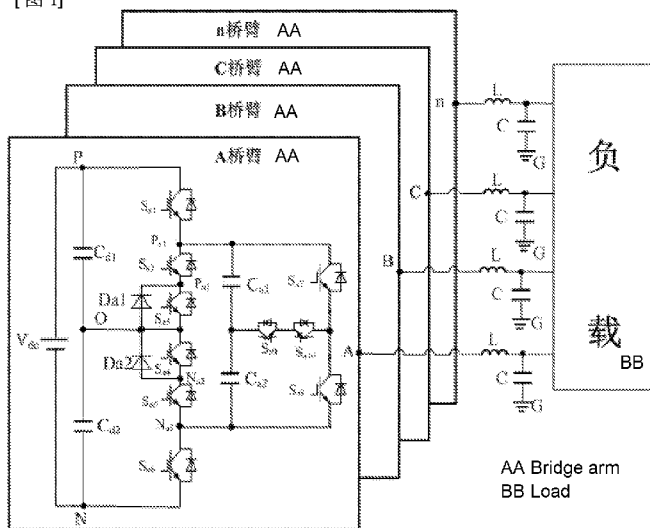
(74) 代理人: 苏州市中南伟业知识产权代理事
务所 (普通合伙) (CENTRAL SOUTH WELL
INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国江苏
省苏州市吴中区石湖西路 188 号万达广场苏州大
学科技园 23 楼 2303 室, Jiangsu 215000 (CN)。

(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,
CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ,
IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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,

(54) Title: THREE-PHASE FOUR-BRIDGE-ARM NINE-LEVEL CONVERTER

(54) 发明名称: 一种三相四桥臂九电平变换器

[图 1]



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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SC, 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, ME, 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: 本申请提供一种三相四桥臂九电平变换器, 所述变换器包括A桥臂、B桥臂、C桥臂和n桥臂, 并且四个桥臂的结构相同。每个桥臂通过电感和滤波电容与负载相连。所述A桥臂包括十个电力电子开关管、两个电力二极管、两个直流母线电容、两个飞跨电容。与传统九电平变换器相比, 本申请的电力电子开关管数量大大减少以及多电平变换器的复杂度大大减少。同时, 此发明装置在不平衡和非线性工况下均能保持更高的电能质量, 适用于平衡负载和不平衡负载。在中高压的新能源发电系统有很好的应用前景。

说明书

发明名称：一种三相四桥臂九电平变换器

技术领域

[0001] 本申请涉及变换器技术领域，尤其涉及一种三相四桥臂九电平变换器。

背景技术

[0002] 多电平逆变器因具有更低的共模电压、更小的开关管电压应力，以及输出电压和电流中有更低的畸变等优点，在新能源发电系统和电机驱动应用领域得到了广泛的关注，成为了国内外学者的研究热点。最常见的多电平变换器的拓扑结构主要有3种类型：二极管钳位型、飞跨电容型及级联 H 桥型。

[0003] 相较于其他不同拓扑结构的变换器，二极管钳位三电平变换器在新能源发电和电机驱动方面得到广泛的应用，但二极管钳位式多电平变换器拓扑结构在变换器输出电平数超过3个后，因需要的钳位二极管及开关管数量急剧增加，从而导致多电平变换器结构复杂。

[0004] 飞跨电容多电平变换器由电容代替二极管进行钳位，通过各相母线间的平衡电容输出多个电压波形，在变换器输出电平数超过3个后，同样需要大量的钳位电容，而且直流侧各电容电压的平衡问题也将变得复杂并难以控制。

[0005] 级联 H 桥多电平变换器需要许多隔离电源，这使得级联H桥多电平变换器的拓扑结构变得更加复杂。

发明概述

技术问题

[0006] 为了应对化石能源短缺和环境污染等问题，国家大力倡导使用太阳能、风能等清洁无污染能源，作为实现电能变换和负载与电网接口装置的变换器也因此得到大力发展。随着不平衡和非线性负载的广泛应用，传统的三相三桥臂变换器不能适用不平衡负载。

技术解决方案

[0007] 针对传统三相多电平变换器的问题，本申请提出一种新型三相四桥臂九电平变

换器，该新型九电平变换器将二极管钳位型多电平变换器和飞跨电容多电平变换器相结合。

[0008] 基于上述目的，本申请提出了一种三相四桥臂九电平变换器，包括：

[0009] 所述变换器包括A桥臂、B桥臂、C桥臂和n桥臂，并且四个桥臂的结构相同，

[0010] 所述A桥臂包括第一电力电子开关管、第二电力电子开关管、第三电力电子开关管、第四电力电子开关管、第五电力电子开关管、第六电力电子开关管、第七电力电子开关管、第八电力电子开关管、第九电力电子开关管、第十电力电子开关管、第一电力二极管、第二电力二极管、第一直流母线电容、第二直流母线电容、第一飞跨电容、和第二飞跨电容，

[0011] 所述第一电力电子开关管的漏极与输入电源正极P点相连，第一电力电子开关管的源极与第二电力电子开关管的漏极相连于 P_{a1} 点，第二电力电子开关管的源极与第三电力电子开关管的漏极相连于 P_{a2} 点。

有益效果

[0012] 与传统九电平变换器相比，其电力电子开关管数量大大减少以及多电平变换器的复杂度大大减少。同时，此发明装置在传统三相三桥臂变换器的基础上增加一个额外的桥臂，桥臂的中点与负载中性点相接，用于提供零序电流通路，控制中性点电压，使变换器在不平衡和非线性工况下均能保持更高的电能质量，适用于平衡负载和不平衡负载。因此，所发明的三相四桥臂九电平变换器在中高压的新能源发电系统有很好的应用前景。

附图说明

[0013] 在附图中，除非另外规定，否则贯穿多个附图相同的附图标记表示相同或相似的部件或元素。这些附图不一定是按照比例绘制的。应该理解，这些附图仅描绘了根据本申请公开的一些实施方式，而不应将其视为是对本申请范围的限制。

[0014] 图1示出本申请的三相四桥臂九电平变换器结构示意图。

[0015] 图2示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂结构图。

[0016] 图3示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V1状态示意图。

- [0017] 图4示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V2状态示意图。
- [0018] 图5示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V3状态示意图。
- [0019] 图6示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V4状态示意图。
- [0020] 图7示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V5状态示意图。
- [0021] 图8示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V6状态示意图。
- [0022] 图9示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V7状态示意图。
- [0023] 图10示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V8状态示意图。
- [0024] 图11示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V9状态示意图。
- [0025] 图12示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V10状态示意图。
- [0026] 图13示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V11状态示意图。
- [0027] 图14示出根据本申请实施例的三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V12状态示意图。

本发明的最佳实施方式

本发明的实施方式

- [0028] 下面结合附图和实施例对本申请作进一步的详细说明。可以理解的是，此处所描述的具体实施例仅用于解释相关发明，而非对该发明的限定。另外还需要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与有关发明相关的部分。

[0029] 需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本申请。

[0030] 本申请的新型三相四桥臂九电平变换器装置拓扑结构如图1所示，该变换器由A桥臂、B桥臂、C桥臂和n桥臂构成，四个桥臂的结构一样。三相四桥臂九电平变换装置每相桥臂通过电感L和滤波电容C与负载相连。新型三相四桥臂九电平变换装置A桥臂的结构图如图2所示。由图2可以看出，A桥臂由电力电子开关管 S_{a1} 、电力电子开关管 S_{a2} 、电力电子开关管 S_{a3} 、电力电子开关管 S_{a4} 、电力电子开关管 S_{a5} 、电力电子开关管 S_{a6} 、电力电子开关管 S_{a7} 、电力电子开关管 S_{a8} 、电力电子开关管 S_{a9} 、电力电子开关管 S_{a10} 、电力二极管Da1、电力二极管Da2、直流母线电容 C_{d1} 、直流母线电容 C_{d2} 、飞跨电容 C_{a1} 、飞跨电容 C_{a2} 构成。电力电子开关管 S_{a1} 的漏极与输入电源正极P点相连，电力电子开关管 S_{a1} 的源极与电力电子开关管 S_{a2} 的漏极相连 P_{a1} 点，电力电子开关管 S_{a2} 的源极与电力电子开关管 S_{a3} 的漏极相连于 P_{a2} 点，电力电子开关管 S_{a3} 的源极与电力电子开关管 S_{a4} 的漏极相连于O点，电力二极管Da1的阴极相连于 P_{a2} 点，电力二极管Da1的阳极相连于O点，电力电子开关管 S_{a4} 的源极与电力电子开关管 S_{a5} 的漏极相连于Na2点，电力二极管Da2的阴极相连于O点，电力二极管Da2的阳极相连于Na2点，电力电子开关管 S_{a5} 的源极与电力电子开关管 S_{a6} 的漏极相连于Na1点，电力电子开关管 S_{a6} 的源极相连于N点，电力电子开关管 S_{a7} 的源极与电力电子开关管 S_{a8} 的漏极相连于输出端A点，电力电子开关管 S_{a7} 的漏极相连于 P_{a1} 点，电力电子开关管 S_{a8} 的源极相连于Na1点，电力电子开关管 S_{a9} 的源极与电力电子开关管 S_{a10} 的漏极相连，电力电子开关管 S_{a9} 的漏极相连于O_{a1}点，电力电子开关管 S_{a10} 的漏极相连于输出端A点，直流母线滤波电容 C_{d1} 一端相连A点，另一端相连O点，直流母线滤波电容 C_{d2} 一端相连O点，另一端相连N点，飞跨电容 C_{a1} 一端相连 P_{a1} 点，另一端相连O_{a1}点，飞跨电容 C_{a2} 一端相连O_{a1}点，另一端相连Na1点。

[0031] 三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出电压与开关状态如表1所示。其中直流输入电容电压 C_{d1} 和输入电容电压 C_{d2} 控制为 $4V_{dc}/8$ ，飞跨电容 C_{a1} 和飞跨电容 C_{a2} 电压控制为 $V_{dc}/8$ ，其中表中“1”代表电力电子开关管开通，“0”代表电力电子

开关管关断。从表1可以看出：三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出 $-4V_{dc}/8$ 、 $-3V_{dc}/8$ 、 $-2V_{dc}/8$ 、 $-V_{dc}/8$ 、 0 、 $V_{dc}/8$ 、 $2V_{dc}/8$ 、 $3V_{dc}/8$ 、 $4V_{dc}/8$ 九种不同的电平，大大提高变换器的性能。

[0032] 开关状态V1：电力电子开关 S_{a1} 、 S_{a5} 、 S_{a7} 开通，电力电子开关 S_{a2} 、 S_{a3} 、 S_{a4} 、 S_{a6} 、 S_{a7} 、 S_{a9} 、 S_{a10}

关断，三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V1状态如图3所示。

[0033] 开关状态V2：电力电子开关 S_{a1} 、 S_{a5} 、 S_{a9} 、 S_{a10} 开通，电力电子开关 S_{a2} 、 S_{a3} 、 S_{a4} 、 S_{a6} 、 S_{a7} 、 S_{a8} 关断，三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V2状态如图4所示。

[0034] 开关状态V3：电力电子开关 S_{a1} 、 S_{a5} 、 S_{a8} 开通，电力电子开关 S_{a2} 、 S_{a3} 、 S_{a4} 、 S_{a6} 、 S_{a7} 、 S_{a9} 、 S_{a10}

关断，三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V3状态如图5所示。

[0035] 开关状态V4：电力电子开关 S_{a3} 、 S_{a4} 、 S_{a5} 、 S_{a7} 开通，电力电子开关 S_{a1} 、 S_{a2} 、 S_{a4} 、 S_{a6} 、 S_{a8} 、 S_{a9} 、 S_{a10} 关断，三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V4状态如图6所示。

[0036] 开关状态V5：电力电子开关 S_{a3} 、 S_{a4} 、 S_{a5} 、 S_{a9} 、 S_{a10} 开通，电力电子开关 S_{a1} 、 S_{a2} 、 S_{a6} 、 S_{a7} 、 S_{a8} 关断，三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V5状态如图7所示。

[0037] 开关状态V6：电力电子开关 S_{a3} 、 S_{a4} 、 S_{a5} 、 S_{a8} 开通，电力电子开关 S_{a1} 、 S_{a2} 、 S_{a6} 、 S_{a7} 、 S_{a9} 、 S_{a10}

关断，三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V6状态如图8所示。

[0038] 开关状态V7：电力电子开关 S_{a2} 、 S_{a3} 、 S_{a4} 、 S_{a7} 开通，电力电子开关 S_{a1} 、 S_{a5} 、 S_{a6} 、 S_{a8} 、 S_{a9} 、 S_{a10}

关断，三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V7状态如图9所示。

[0039] 开关状态V8：电力电子开关 S_{a2} 、 S_{a3} 、 S_{a4} 、 S_{a9} 、 S_{a10} 开通，电力电子开关 S_{a1} 、 S_{a5} 、 S_{a6} 、 S_{a7} 、 S_{a8}

关断，三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V8状态如图10所示。

[0040] 开关状态V9：电力电子开关 S_{a2} 、 S_{a3} 、 S_{a4} 、 S_{a8} 开通，电力电子开关 S_{a1} 、 S_{a5} 、 S_{a6} 、 S_{a7} 、 S_{a9} 、 S_{a10}

$a5$ 、 S_{a6} 、 S_{a7} 、 S_{a9} 、 S_{a10}

关断，三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V9状态如图11所示。

[0041] 开关状态V10：电力电子开关 S_{a2} 、 S_{a3} 、 S_{a4} 、 S_{a8} 开通，电力电子开关 S_{a1} 、 S_{a5} 、 S_{a6} 、 S_{a7} 、 S_{a9} 、 S_{a10} 关断，三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V10状态如图12所示。

[0042] 开关状态V11：电力电子开关 S_{a2} 、 S_{a6} 、 S_{a9} 、 S_{a10} 开通，电力电子开关 S_{a1} 、 S_{a3} 、 S_{a4} 、 S_{a5} 、 S_{a7} 、 S_{a8} 关断，三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V11状态如图13所示。

[0043] 开关状态V12：电力电子开关 S_{a2} 、 S_{a6} 、 S_{a8} 开通，电力电子开关 S_{a1} 、 S_{a3} 、 S_{a4} 、 S_{a5} 、 S_{a7} 、 S_{a9} 、 S_{a10} 关断，三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出V12状态如图14所示。

[0044] 表1 三相四桥臂九电平变换器A桥臂输出电压与开关状态

[0045]

S_{a1}	S_{a2}	S_{a3}	S_{a4}	S_{a5}	S_{a6}	S_{a7}	S_{a8}	S_{a9}	S_{a10}	输出电压	状态
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	$4V_{dc}/8$	V1
1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	$3V_{dc}/8$	V2
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	$2V_{dc}/8$	V3
0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	$2V_{dc}/8$	V4
0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	$V_{dc}/8$	V5
0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	V6
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	V7
0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	$-V_{dc}/8$	V8
0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	$-2V_{dc}/8$	V9
0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	$-2V_{dc}/8$	V10
0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	$-3V_{dc}/8$	V11
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	$-4V_{dc}/8$	V12

[0046] 需要说明的是：

[0047] 在此处所提供的说明书中，说明了大量具体细节。然而，能够理解，本申请的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中，并未详细示出

公知的方法、结构和技术，以便不模糊对本说明书的理解。

[0048] 类似地，应当理解，为了精简本申请并帮助理解各个发明方面中的一个或多个，在上面对本申请的示例性实施例的描述中，本申请的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而，并不应将该公开的方法解释成反映如下意图：即所要求保护的本申请要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说，如下面的权利要求书所反映的那样，发明方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此，遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式，其中每个权利要求本身都作为本申请的单独实施例。

[0049] 本领域那些技术人员可以理解，可以对实施例中的设备中的模块进行自适应性地改变并且把它们设置在与该实施例不同的一个或多个设备中。可以把实施例中的模块或单元或组件组合成一个模块或单元或组件，以及此外可以把它分成多个子模块或子单元或子组件。除了这样的特征和/或过程或者单元中的至少一些是相互排斥之外，可以采用任何组合对本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的所有特征以及如此公开的任何方法或者设备的所有过程或单元进行组合。除非另外明确陈述，本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的每个特征可以由提供相同、等同或相似目的的替代特征来代替。

[0050] 此外，本领域的技术人员能够理解，尽管在此所述的一些实施例包括其它实施例中有所包括的某些特征而不是其它特征，但是不同实施例的特征的组合意味着处于本申请的范围之内并且形成不同的实施例。例如，在下面的权利要求书中，所要求保护的实施例的任意之一都可以以任意的组合方式来使用。

[0051] 应该注意的是上述实施例对本申请进行说明而不是对本申请进行限制，并且本领域技术人员在不脱离所附权利要求的范围的情况下可设计出替换实施例。在权利要求中，不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。单词“包含”不排除存在未列在权利要求中的元件或步骤。位于元件之前的单词“一”或“一个”不排除存在多个这样的元件。本申请可以借助于包括有若干不同元件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。在列举了若干系统的单元权利要求中，这些系统中的若干个可以是通过同一个硬件项来具体体现。

单词第一、第二、以及第三等的使用不表示任何顺序。可将这些单词解释为名称。

[0052] 以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到其各种变化或替换，这些都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权利要求书

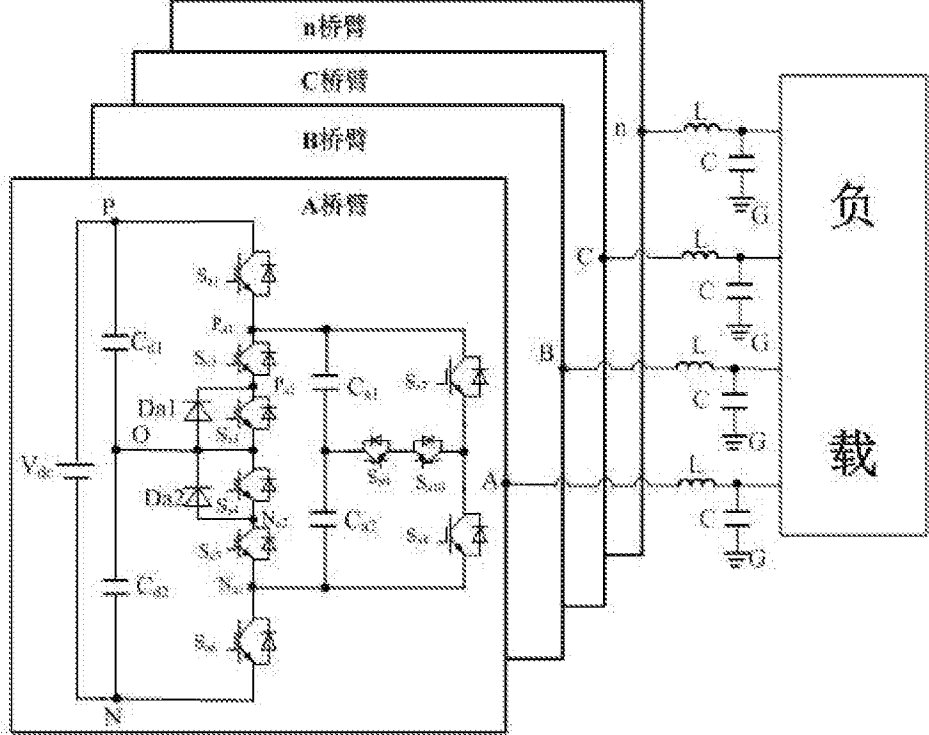
- [权利要求 1] 一种三相四桥臂九电平变换器，其特征在于，
所述变换器包括A桥臂、B桥臂、C桥臂和n桥臂，并且四个桥臂的结构相同；
所述A桥臂包括第一电力电子开关管、第二电力电子开关管、第三电力电子开关管、第四电力电子开关管、第五电力电子开关管、第六电力电子开关管、第七电力电子开关管、第八电力电子开关管、第九电力电子开关管、第十电力电子开关管、第一电力二极管、第二电力二极管、第一直流母线电容、第二直流母线电容、第一飞跨电容、和第二飞跨电容；
所述第一电力电子开关管的漏极与输入电源正极P点相连，第一电力电子开关管的源极与第二电力电子开关管的漏极相连于P_{a1}点，第二电力电子开关管的源极与第三电力电子开关管的漏极相连于P_{a2}点。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的一种三相四桥臂九电平变换器，其特征在于，
每个桥臂通过电感和滤波电容与负载相连。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的一种三相四桥臂九电平变换器，其特征在于，
所述第三电力电子开关管的源极与第四电力电子开关管S_{a4}的漏极相连于O点，第一电力二极管Da1的阴极相连于P_{a2}点，第一电力二极管Da1的阳极相连于O点。
- [权利要求 4] 根据权利要求3所述的一种三相四桥臂九电平变换器，其特征在于，
所述第四电力电子开关管的源极与第五电力电子开关管的漏极相连于Na2点，第二电力二极管的阴极相连于O点，第二电力二极管的阳极相连于Na2点。
- [权利要求 5] 根据权利要求4所述的一种三相四桥臂九电平变换器，其特征在于，
所述第五电力电子开关管的源极与第六电力电子开关管的漏极相连于Na1点，第六电力电子开关管的源极相连于N点。
- [权利要求 6] 根据权利要求5所述的一种三相四桥臂九电平变换器，其特征在于，
所述第七电力电子开关管的源极与第八电力电子开关管的漏极相连于

输出端A点，第七电力电子开关管的漏极相连于 P_{a1} 点，第八电力电子开关管的源极相连于 $Na1$ 点。

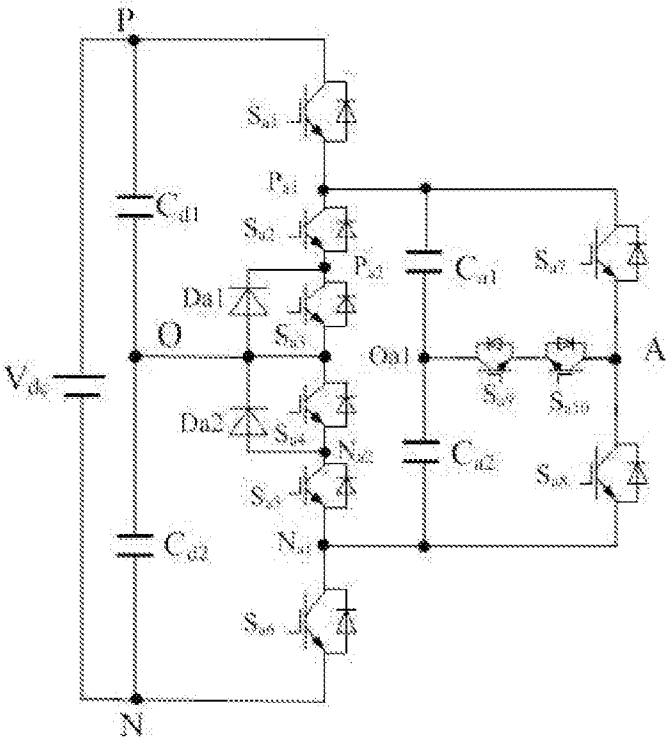
[权利要求 7] 根据权利要求6所述的一种三相四桥臂九电平变换器，其特征在于，所述第九电力电子开关管的源极与第十电力电子开关管的漏极相连，第九电力电子开关管的漏极相连于 O_{a1} 点，第十电力电子开关管的漏极相连于输出端A点。

[权利要求 8] 根据权利要求7所述的一种三相四桥臂九电平变换器，其特征在于，所述第一直流母线滤波电容的一端相连A点，另一端相连O点，第二直流母线滤波电容的一端相连O点，另一端相连N点，第一飞跨电容一端相连 P_{a1} 点，另一端相连 $Oa1$ 点，第二飞跨电容一端相连 $Oa1$ 点，另一端相连 $Na1$ 点。

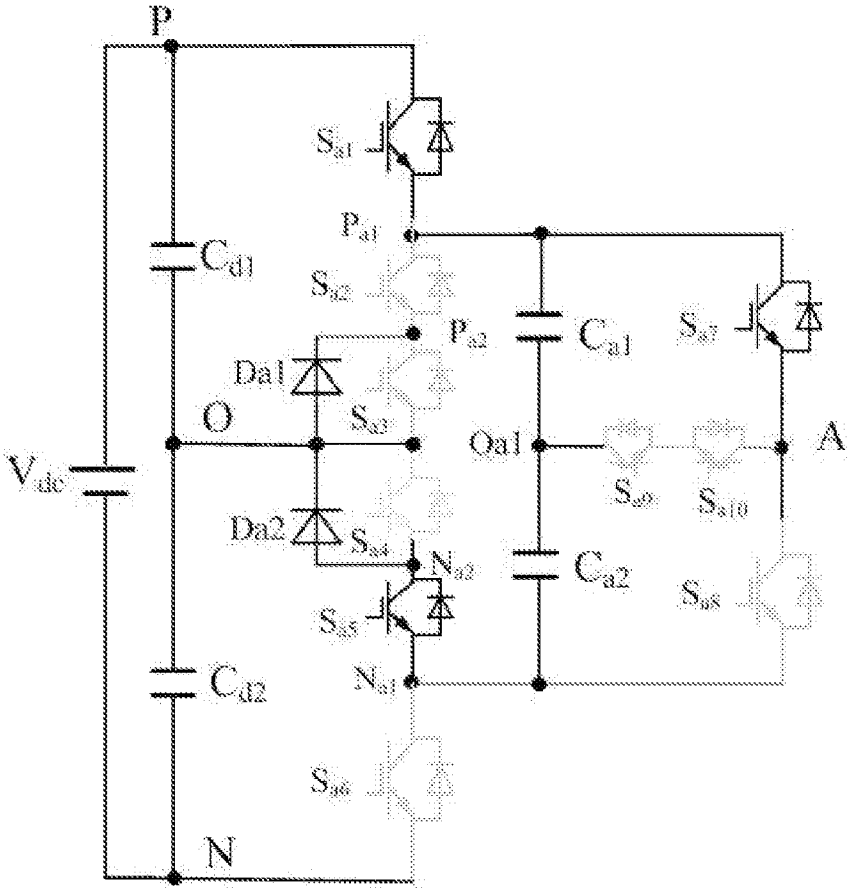
[图 1]



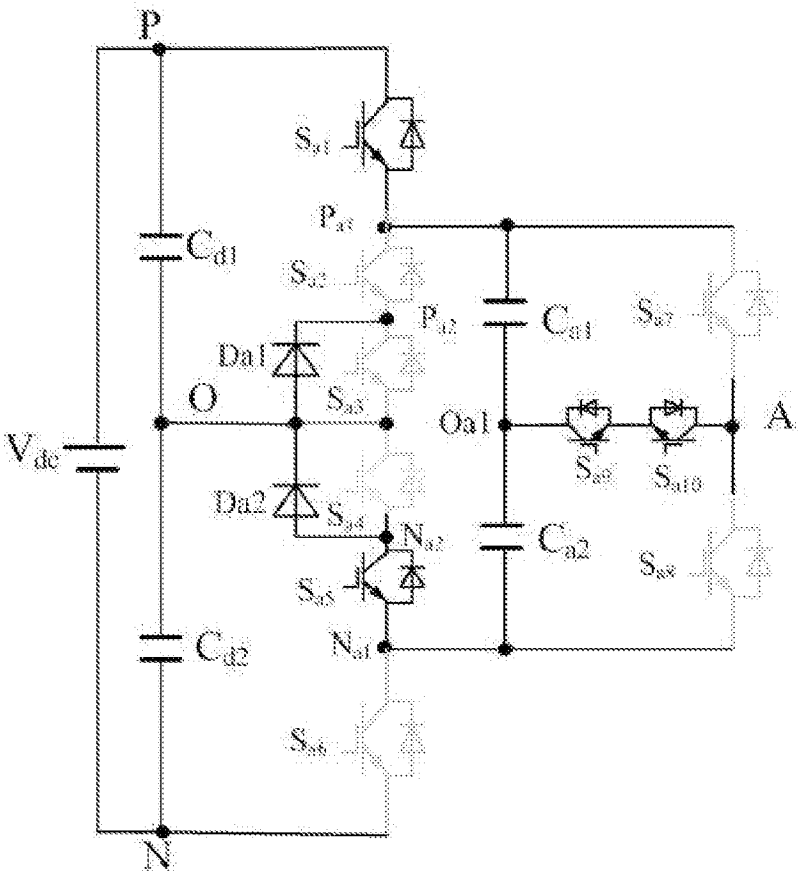
[图 2]



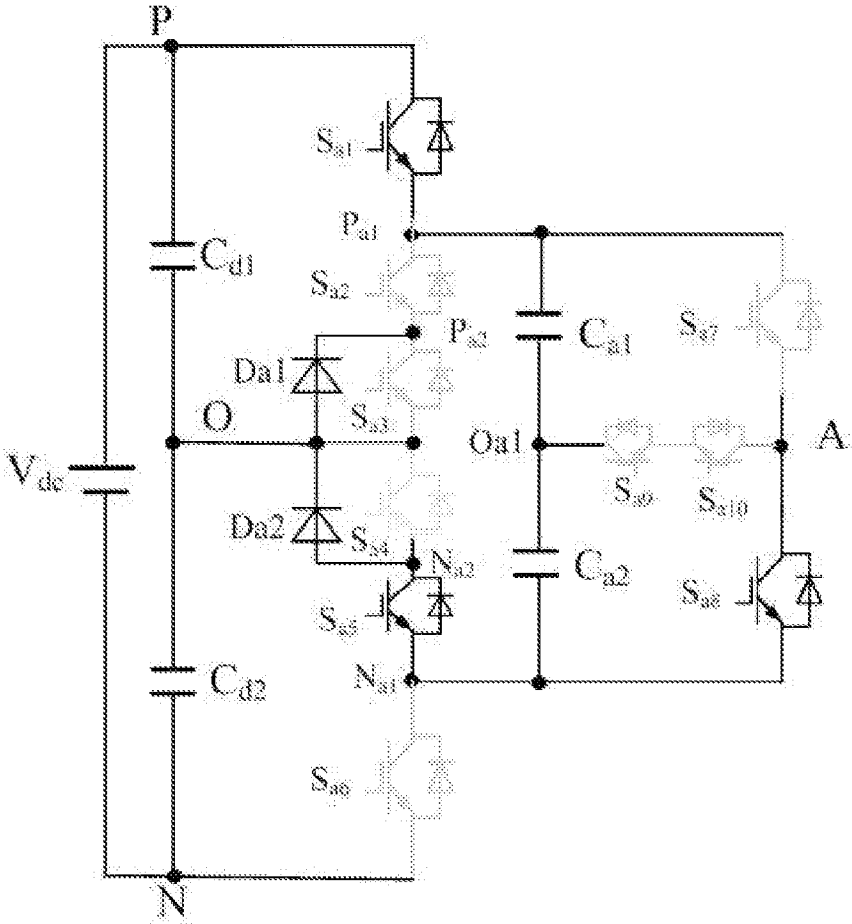
[图 3]



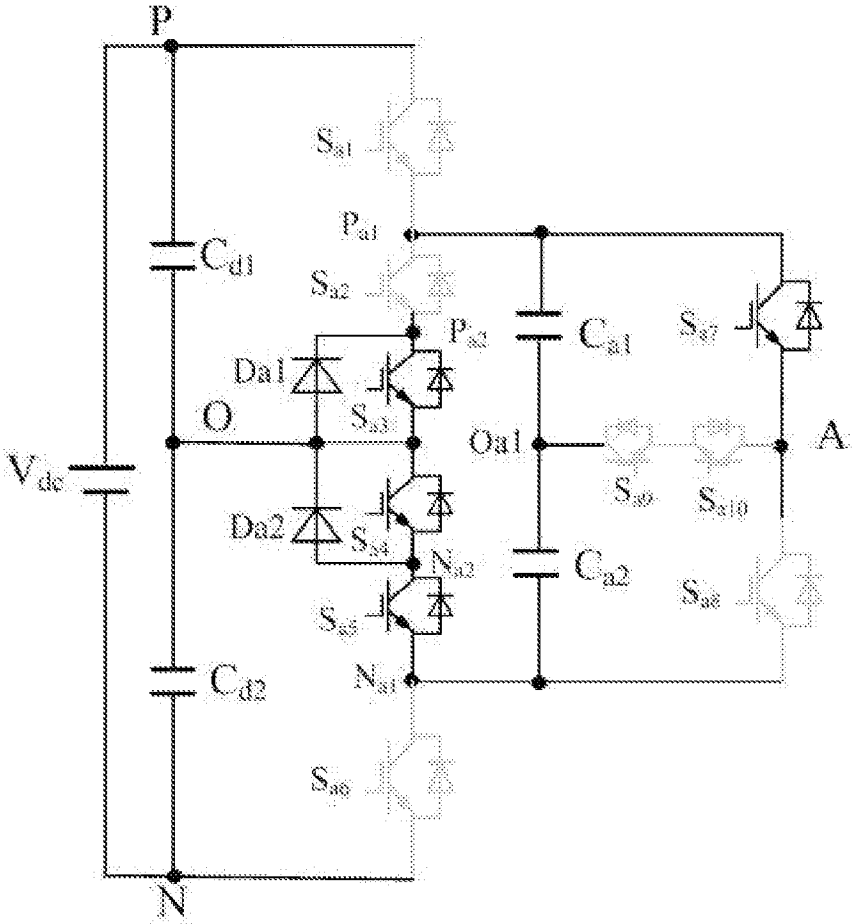
[图 4]



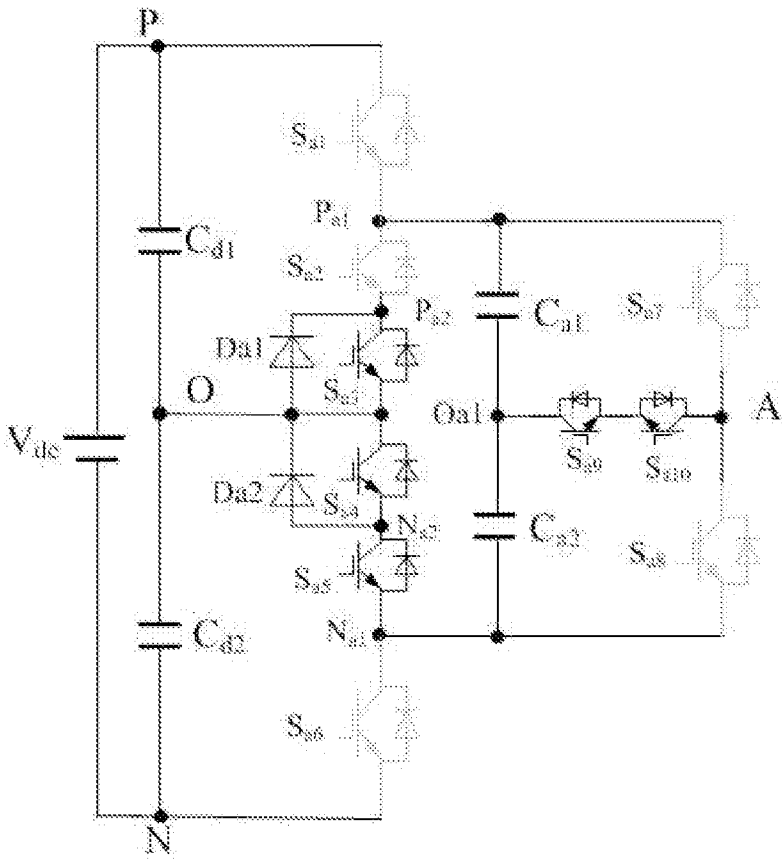
[图 5]



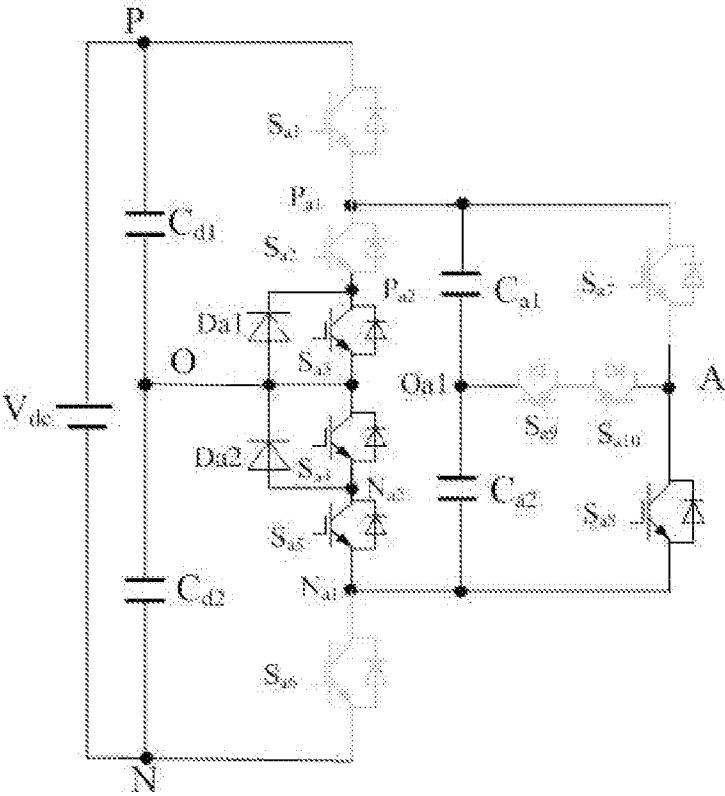
[图 6]



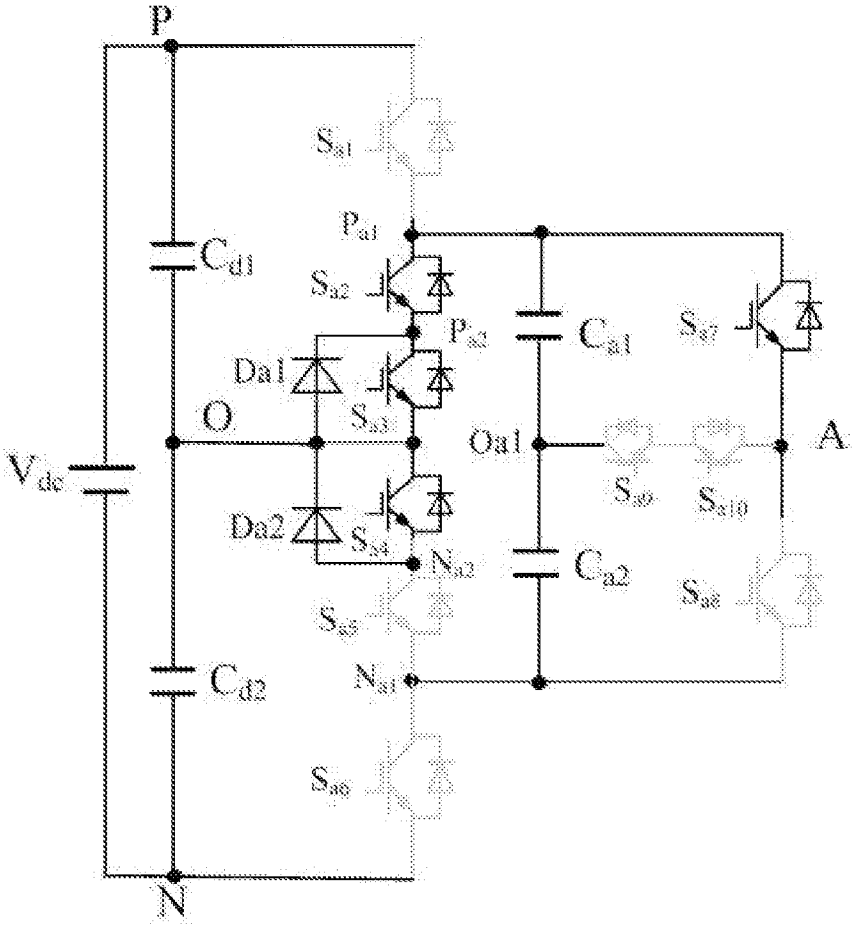
[图 7]



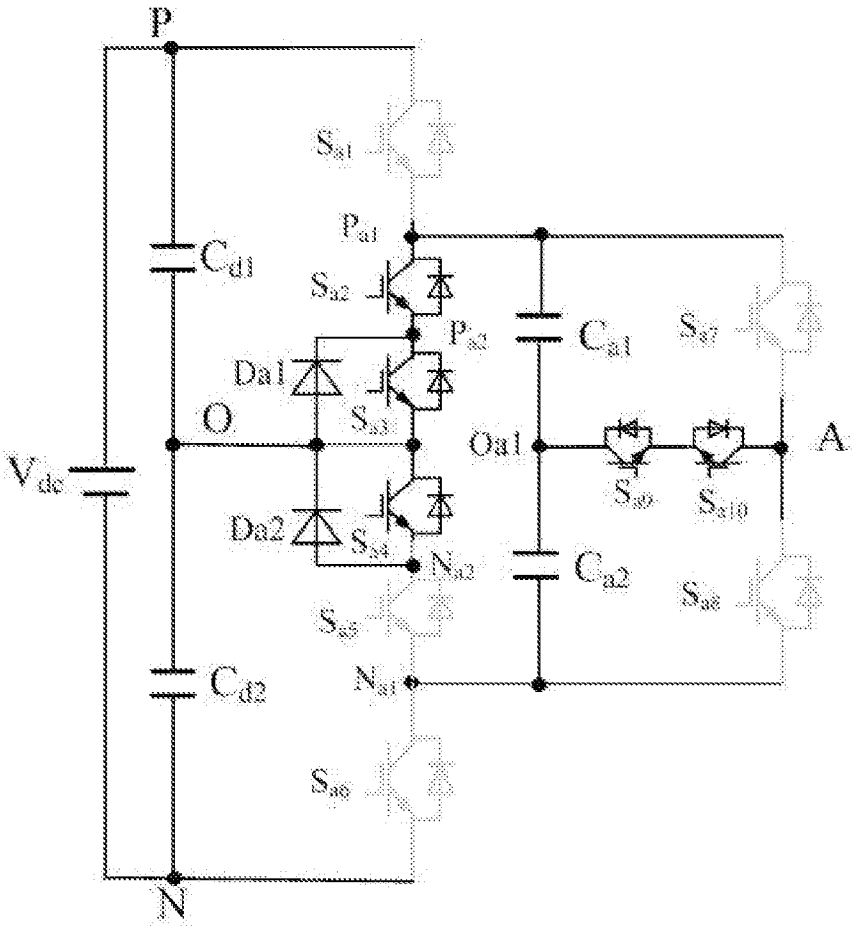
[图 8]



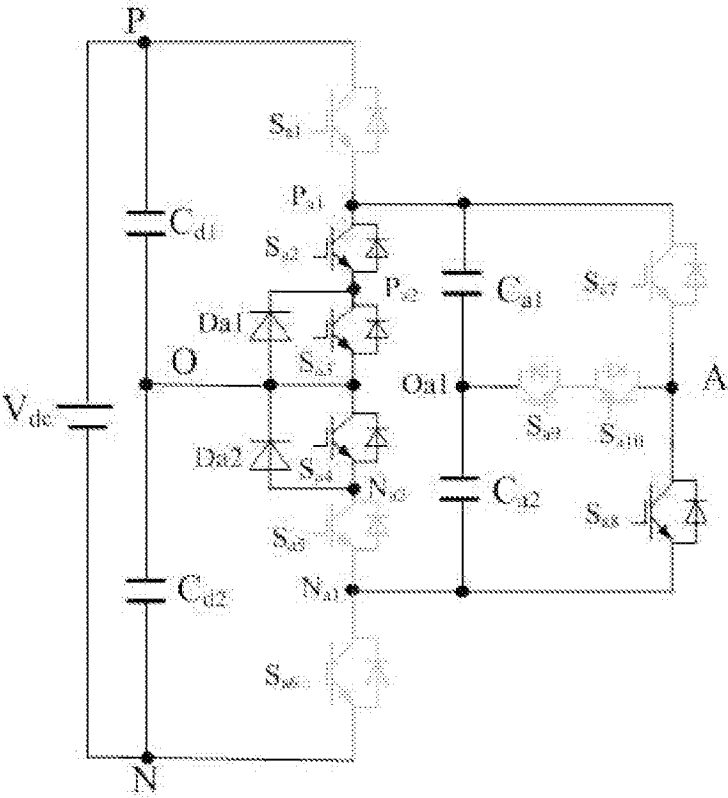
[图 9]



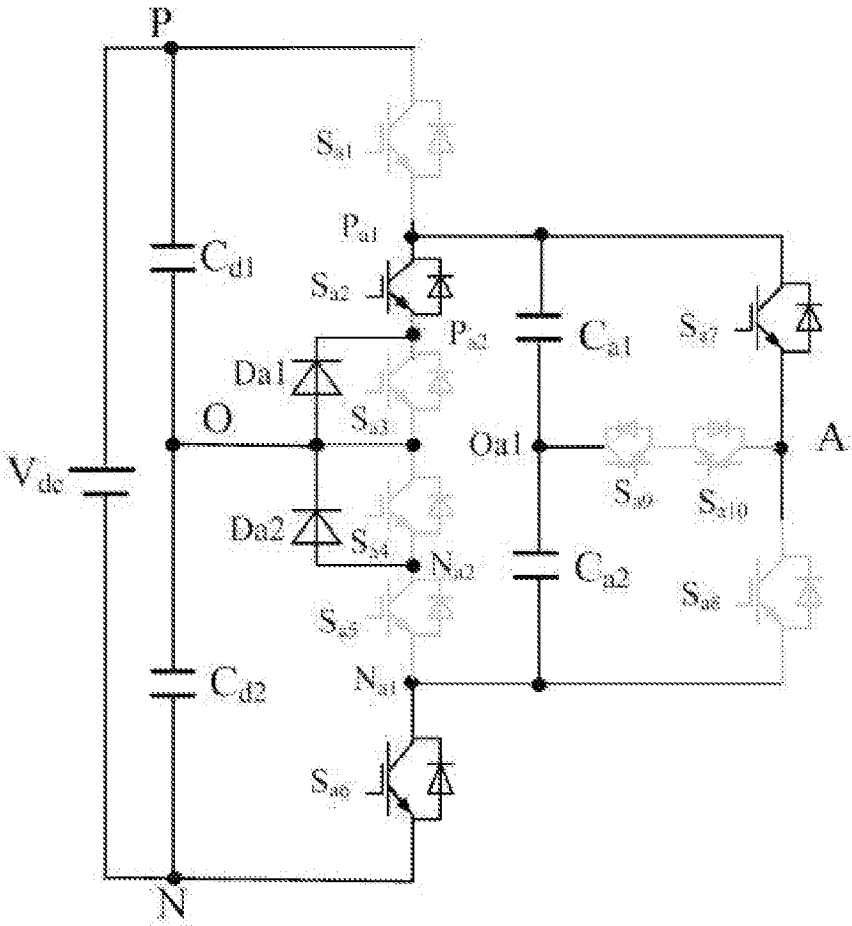
[图 10]



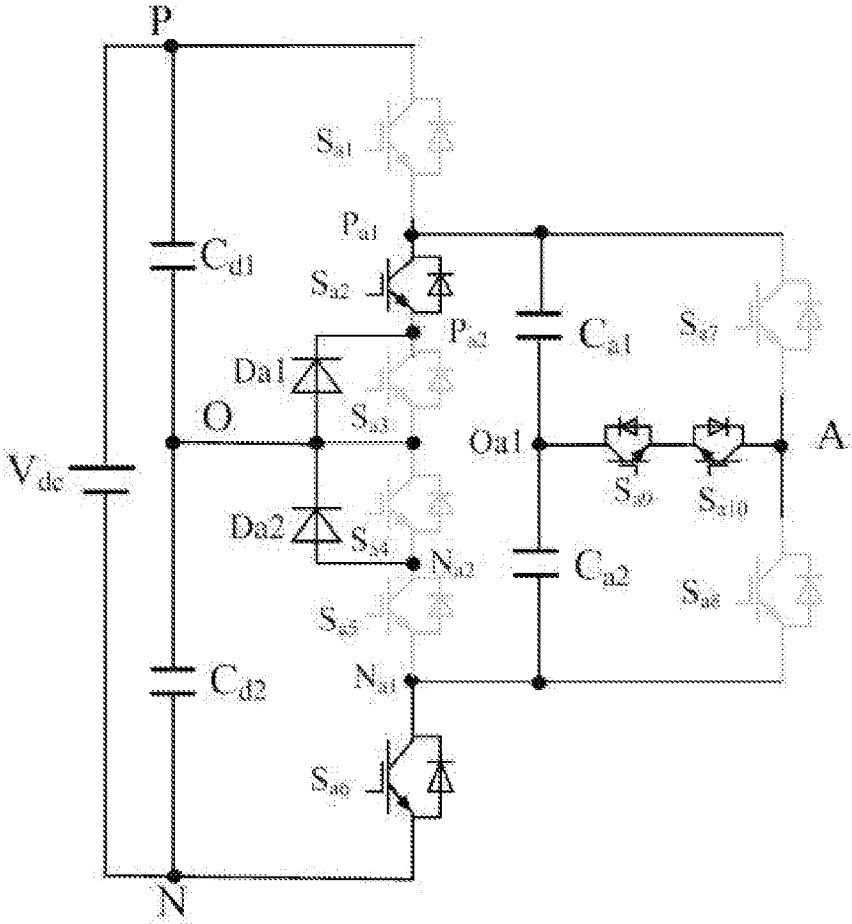
[图 11]



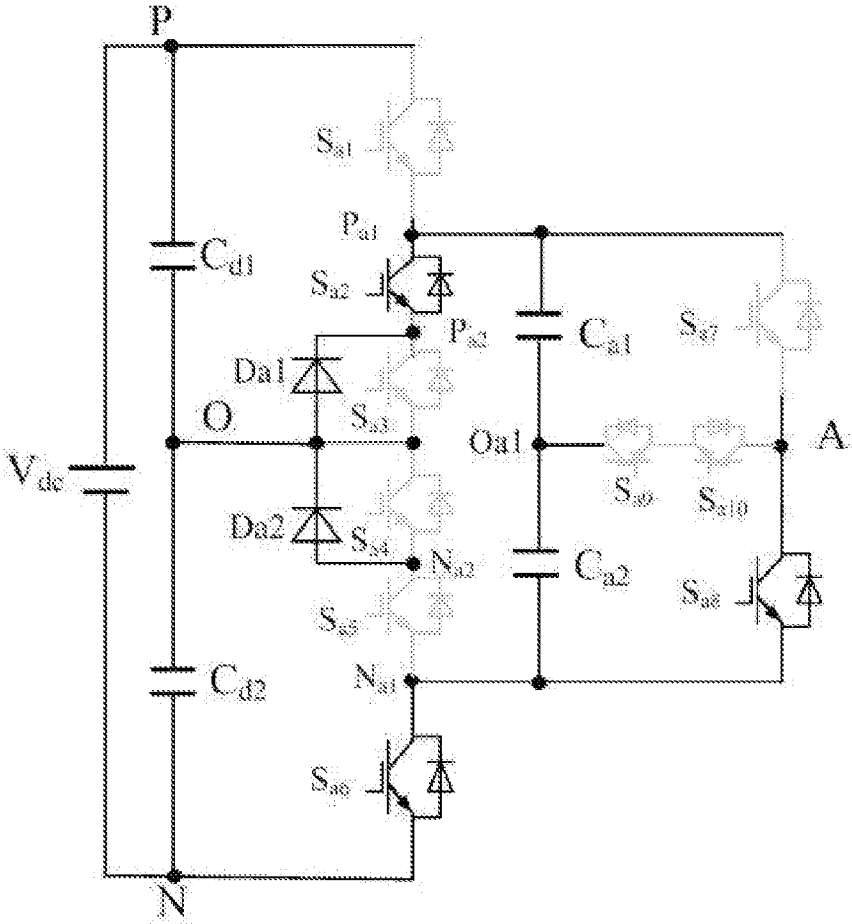
[图 12]



[图 13]



[图 14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/075455

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 7/483(2007.01)i; H02M 7/487(2007.01)i; H02M 7/5387(2007.01)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)

IPC: H02M 7/-

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)

CNTXT, ENTXTC, ENTXT, DWPI, CNKI, IEEE: 三相, 四桥臂, 九电平, 变换器, 转换器, 变流器, 二极管, 开关管, 晶体管, 电容, three 1w phase, four 1w leg, nine 1w level, inverter, diode, switch tube, transistor, capacitor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 101510736 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS) 19 August 2009 (2009-08-19) description, page 4, paragraph 7-page 8, paragraph 9, and figures 1-3	1-8
Y	CN 210578295 U (SOUTHWEST JIAOTONG UNIVERSITY) 19 May 2020 (2020-05-19) description, paragraphs 19-62, and figures 1-4	1-8
Y	CN 103620941 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 05 March 2014 (2014-03-05) description, paragraphs 17-40, and figures 1-5	1-8
A	CN 101795080 A (INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERING, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 04 August 2010 (2010-08-04) entire document	1-8
A	CN 111711374 A (SHANDONG LABOR OCCUPATIONAL TECHNOLOGY COLLEGE (SHANDONG LABOR TECHNICIAN COLLEGE)) 25 September 2020 (2020-09-25) entire document	1-8
A	JP 2012253927 A (TOSHIBA CORP. et al.) 20 December 2012 (2012-12-20) entire document	1-8



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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

17 August 2023

Date of mailing of the international search report

22 August 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/075455

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	101510736	A	19 August 2009	CN	101510736	B	08 December 2010
CN	210578295	U	19 May 2020	CN	110829872	A	21 February 2020
CN	103620941	A	05 March 2014	EP	2731250	A1	14 May 2014
				EP	2731250	A4	04 March 2015
				EP	2731250	B1	03 April 2019
				US	2014098587	A1	10 April 2014
				US	9479080	B2	25 October 2016
				JP	5644944	B2	24 December 2014
				JPWO	2013005498	A1	23 February 2015
				WO	2013005498	A1	10 January 2013
				CN	103620941	B	16 March 2016
CN	101795080	A	04 August 2010	None			
CN	111711374	A	25 September 2020	CN	111711374	B	31 August 2021
JP	2012253927	A	20 December 2012	JP	5710387	B2	30 April 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2023/075455

A. 主题的分类 H02M 7/483 (2007.01) i; H02M 7/487 (2007.01) i; H02M 7/5387 (2007.01) 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) IPC: H02M 7/- 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)) CNTXT, ENTXT, ENTXT, DWPI, CNKI, IEEE: 三相, 四桥臂, 九电平, 变换器, 转换器, 变流器, 二极管, 开关管, 晶体管, 电容, three 1w phase, four 1w leg, nine 1w level, inverter, diode, switch tube, transistor, capacitor		
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
Y	CN 101510736 A (南京航空航天大学) 2009年8月19日 (2009 - 08 - 19) 说明书第4页第7段-第8页第9段, 图1-3	1-8
Y	CN 210578295 U (西南交通大学) 2020年5月19日 (2020 - 05 - 19) 说明书第19-62段, 图1-4	1-8
Y	CN 103620941 A (富士电机株式会社) 2014年3月5日 (2014 - 03 - 05) 说明书第17-40段, 图1-5	1-8
A	CN 101795080 A (中国科学院电工研究所) 2010年8月4日 (2010 - 08 - 04) 全文	1-8
A	CN 111711374 A (山东劳动职业技术学院 (山东劳动技师学院)) 2020年9月25日 (2020 - 09 - 25) 全文	1-8
A	JP 2012253927 A (TOSHIBA CORP 等) 2012年12月20日 (2012 - 12 - 20) 全文	1-8
☐ 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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 2023年8月17日		国际检索报告邮寄日期 2023年8月22日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		授权官员 侯雪 电话号码 (+86) 62412305

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/075455

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	101510736	A	2009年8月19日	CN	101510736	B	2010年12月8日
CN	210578295	U	2020年5月19日	CN	110829872	A	2020年2月21日
CN	103620941	A	2014年3月5日	EP	2731250	A1	2014年5月14日
				EP	2731250	A4	2015年3月4日
				EP	2731250	B1	2019年4月3日
				US	2014098587	A1	2014年4月10日
				US	9479080	B2	2016年10月25日
				JP	5644944	B2	2014年12月24日
				JPWO	2013005498	A1	2015年2月23日
				WO	2013005498	A1	2013年1月10日
				CN	103620941	B	2016年3月16日
CN	101795080	A	2010年8月4日	无			
CN	111711374	A	2020年9月25日	CN	111711374	B	2021年8月31日
JP	2012253927	A	2012年12月20日	JP	5710387	B2	2015年4月30日