



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107534384 B

(45)授权公告日 2020.05.19

(21)申请号 201680023667.0

(22)申请日 2016.04.13

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107534384 A

(43)申请公布日 2018.01.02

(30)优先权数据  
102015207187.1 2015.04.21 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.10.16

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2016/058045 2016.04.13

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02016/169817 DE 2016.10.27

(73)专利权人 西门子公司  
地址 德国慕尼黑

(72)发明人 马塞尔·卢策

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限  
责任公司 11240

代理人 余刚 李慧

(51)Int.Cl.  
H02M 1/088(2006.01)  
H02M 1/32(2007.01)  
B64D 35/02(2006.01)

(56)对比文件  
CN 1052401 A,1991.06.19,说明书第12页  
倒数第3段至第17页倒数第5段,图1、12。  
US 5663858 A,1997.09.02,说明书第2栏第  
48行至第5栏第49行,图1-4。  
US 2013176752 A1,2013.07.11,全文。  
CN 103427605 A,2013.12.04,全文。

审查员 郑植

权利要求书2页 说明书6页 附图4页

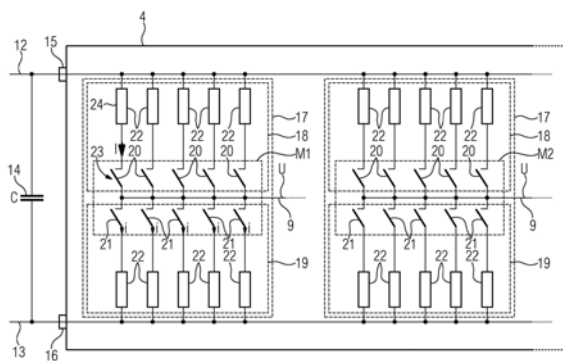
(54)发明名称

在半桥中具有短路中断的变频器

(57)摘要

本发明涉及一种半桥中具有短路中断的变频器。本发明涉及一种用于控制变频器(1)的方法,其中,中间电路(3)的正极导线(12)和负极导线(13)借助于半桥(17)分别通过多个半导体开关(20、21、23)与交流电压相导体(9)连接,其中,每个半导体开关(20、21、23)分别具有自有的、串联连接的保险丝(22、24)。变频器(1)应该在持续短路时通过半导体开关之一(23)稳健地做出反应。该方法为此包括对故障的半导体开关(23)进行探测,其持续地保持在导电状态中,并且通过经过故障的半导体开关(23)和至少两个另外的半导体开关(21)的正极导线(12)和负极导线(13)的多次的彼此短接来逐步地熔断故障的半导体开关(23)的保险丝(24)。每次短路分别仅仅持续一个脉冲持续时间(T<sub>soa</sub>),其小于在连续的短路时为了熔化保险丝所需要的熔断持续时间(T<sub>a</sub>)。

CN 107534384 B



1. 一种用于控制变频器(1)的方法,其中,中间电路(3)的正极导线(12)和负极导线(13)通过半桥(17)分别经由多个半导体开关(20、21、23)与交流电压相导体(9)连接,其中,每个半导体开关(20、21、23)分别具有自有的、与电路路径串联的保险丝(22、24),所述方法具有以下步骤:

-对故障的半导体开关(23)进行探测,所述故障的半导体开关持续地保持在导电状态中,

-通过对于相应一个脉冲持续时间( $T_{soa}$ )使得经过所述故障的半导体开关(23)和经过至少两个另外的半导体开关(21)的所述正极导线(12)和所述负极导线(13)的多次的彼此短接来逐步地熔断所述故障的半导体开关(23)的所述保险丝(24),所述脉冲持续时间小于在连续的短路时为了熔化所述保险丝而需要的熔断持续时间( $T_a$ )。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,在每次短路(25)之间设置有脉冲间隔( $T_p$ ),所述脉冲间隔小于所述保险丝(24)的热学时间常数。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,借助于对所述故障的半导体开关(23)进行驱控的驱动电路探测所述故障的半导体开关(23),其中所述驱动电路对经由所述故障的半导体开关(23)下降的或者经由所述另外的半导体开关(21)中的一个下降的电压与电压额定值进行比较。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,在所述保险丝(24)熔断之后,借助于至少两个所述另外的半导体开关(21)抑制在所述保险丝(24)中的电弧。

5. 根据权利要求3所述的方法,其中,在所述保险丝(24)熔断之后,借助于至少两个所述另外的半导体开关(21)抑制在所述保险丝(24)中的电弧。

6. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,在所述变频器(1)的运行中、在电负载(7)经由所述变频器(1)被驱动的期间探测所述故障的半导体开关(23),并且为了熔断所述保险丝(24)而激活预定的脉冲图形,借助所述脉冲图形对至少两个所述另外的半导体开关(21)进行驱控。

7. 根据权利要求5所述的方法,其中,在所述变频器(1)的运行中、在电负载(7)经由所述变频器(1)被驱动的期间探测所述故障的半导体开关(23),并且为了熔断所述保险丝(24)而激活预定的脉冲图形,借助所述脉冲图形对至少两个所述另外的半导体开关(21)进行驱控。

8. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,在所述保险丝(24)熔断之后利用所述故障的半导体开关(23)继续驱动所述变频器(1)。

9. 根据权利要求7所述的方法,其中,在所述保险丝(24)熔断之后利用所述故障的半导体开关(23)继续驱动所述变频器(1)。

10. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述脉冲持续时间( $T_{soa}$ )在8微秒至30微秒的范围中。

11. 根据权利要求9所述的方法,其中,所述脉冲持续时间( $T_{soa}$ )在8微秒至30微秒的范围中。

12. 一种变频器(1),具有:

-中间电路(3),用于提供直流电压(S);

-至少一个半桥(17),通过所述半桥将所述中间电路(3)的正极导线(12)和负极导线

(3) 分别经由多个半导体开关 (20、21) 与交流电压相导体 (9) 连接, 其中, 每个半导体开关 (20、21) 分别具有自有的、与电路路径串联连接的保险丝 (22),

其特征在于用于对所述半导体开关 (20、21) 进行控制的控制装置 (5), 其中, 所述控制装置 (5) 设计用于执行根据前述权利要求中任一项所述的方法。

13. 根据权利要求12所述的变频器 (1), 其中, 每个半导体开关 (20、21) 分别通过IGBT或者MOSFET形成。

14. 一种飞行器 (26), 具有至少一个电的驱动马达 (7) 以用于驱动所述飞行器 (26) 的相应的螺旋桨 (27), 其中, 至少一个所述驱动马达 (7) 经由根据权利要求12或13所述的变频器 (1) 与发电机 (6) 耦连。

15. 根据权利要求14所述的飞行器, 其特征在于, 所述飞行器是固定翼飞行器。

## 在半桥中具有短路中断的变频器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于对变频器进行控制的方法,该变频器具有半桥,通过该半桥将中间电路与交流电压相导体连接。一种变频器也属于本发明,可以根据本发明的方法对该变频器进行控制。最后,一种具有根据本发明的变频器的飞行器也属于本发明。

### 背景技术

[0002] 借助于变频器能够将具有预设的频率的交流电压转换成具有能设定的频率的交流电压。为此,该预设的交流电源借助于整流器转换成被提供到中间电路中的直流电压。从中间电路出发,借助于逆变器能够产生具有能设定的频率的交流电压。能够分别多相地提供两个交流电压,也就是说例如作为三相电流系统。

[0003] 通过变频器能够将发电机和电驱动马达耦合。这样的应用例如能够在具有电的螺旋桨驱动装置的飞行器中实现。内燃机在此驱动发电机,其交流电压通过变频器转换成用于电驱动马达的交流电压。驱动马达驱动飞行器的螺旋桨。

[0004] 用于运行飞行器的螺旋桨的驱动马达的变频器应该是尽可能抗失效的。另外的与安全相关的设备也需要抗失效的变频器。

[0005] 一种故障情况如下。在变频器中,中间电路可以通过半桥与各一个交流电压相导体连接。这样的半桥可以是整流器或者逆变器的组成部分。在变频器的运行中可能的故障情况是,半桥的半导体开关持续地电导通,也就是说不再能够通过电信号接通到电截止或者非导通状态中。然后,正极导线或者负极导线持续地与交流电压相导体短接。这通常要求中断运行和维修,例如更换半桥。在飞行器的情况中,这在飞行期间是不可能的。另外的与安全相关的应用同样可以要求变频器还暂时必须能够以故障的半导体开关继续运行。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种抗失效的变频器。

[0007] 本发明包括一种变频器,其以所描述的方式具有用于提供直流电压的中间电路。此外,该变频器具有至少一个半桥,通过该半桥将中间电路的正极导线和负极导线分别与同一个交流电压相导体连接。半桥尤其布置在变频器的逆变器中。

[0008] 为了提高失效安全性,在根据本发明的变频器中提出,中间电路的正极导线和负极导线分别通过半桥不仅仅通过单个半导体开关,而且分别通过多个半导体开关与交流电压相导体连接。每个半导体开关例如能够基于IGBT(绝缘栅双极型晶体管)或者MOSFET(金属氧化半导体场效应晶体管)形成。此外,每个半导体开关分别具有自有的、与电路路径串联连接的保险丝。换句话说,相应的保险丝前置连接或者后置连接在每个半导体开关上。换句话说,保险丝仅仅由电路路径的电流穿流。电路路径在上述的半导体开关的情况中是漏极-源极路径。另外的电路路径是集电极-发射极路径。

[0009] 变频器此外具有控制装置,其例如可以包括微控制器或者微处理器。控制装置设计用于对半导体开关进行控制。在此,控制装置设计用于执行下面的根据本发明的方法。

[0010] 根据本发明的方法,在变频器中探测,是否有半导体开关中的一个故障了,从而使得该半导体开关持续地保持在电导通状态中。换句话说,半导体开关不再能够切换到电截止状态中。如果探测到故障的半导体开关,那么就逐步地熔断故障的半导体开关的保险丝。为此,在中间电路的正极导线与负极导线之间多次顺序地产生短路。这通过半桥的至少两个另外的半导体开关和故障的半导体开关实现。正极导线和负极导线在此分别仅仅对于脉冲持续时间 $T_{soa}$ 短路,其小于在连续的短路时熔化保险丝所需要的熔断持续时间 $T_a$ 。在每次短路之间中断短路电流。换句话说,保险丝顺序地通过分别借由短路产生的电流脉冲阶梯性地或者逐步地加热,直至其熔化或者形成电绝缘触点间隙 (Sperrstrecke)。通过熔断保险丝随之最后截止或者阻止经过故障的半导体开关的电流。

[0011] 通过本发明获得如下优点,即在保险丝熔断时同样必须引导短路电流的至少两个另外的半导体开关能够被保护性地驱动。不必要长时间连续或者不中断地引导短路电流经过至少两个另外的半导体开关直至保险丝断开或者融化,也就是不必对于整个熔断持续时间 $T_a$ 来引导。取而代之的是,在其间将至少两个另外的半导体开关切换到截止状态,从而至少两个另外的半导体开关能够冷却或者能够将热量分配到相应的半导体开关中。脉冲持续时间 $T_{soa}$ 尤其是较短或者与以下的时长相同的时长,即其已知作为安全的工作范围 (SOA-safe operation area)。在此涉及如下的时长,即半导体开关直至该时长为止在电导通的状态中能够在给定的中间电路的直流电压的情况下引导短路电流,而不会自己故障。安全的工作范围例如可以从半导体开关的数据中获取。

[0012] 属于本发明的还有另外的改进方案,通过这些改进方案的特征获得附加的技术优点。

[0013] 根据一个改进方案,在每次短路之间设置有脉冲间隔 $T_p$ ,其小于保险丝的热学时间常数。在脉冲间隔 $T_p$ 期间,没有短路电流流过至少两个另外的半导体开关。通过使脉冲间隔 $T_p$ 足够短,使得保险丝不过多地冷却。换句话说,通过多次的电流脉冲成功地加热了和融化了保险丝。该改进方案基于如下的认识,即保险丝的热学时间常数大于半导体开关的热学时间常数,尤其是半导体开关的截止层 (Sperrschicht) 的热学时间常数,该截止层与保险丝一同在引导短路电流时加热。换句话说,半导体开关比保险丝冷却得更快。当脉冲间隔 $T_p$ 大于截止层的时间常数,但是小于保险丝的热学时间常数时,至少一个另外的半导体开关能够被保护性地驱动,而能够引起保险丝熔断或者断开。时间常数例如可以是半减期或者冷却至初始温度的 $1/e$ 的时间,其中, $e$ 是欧拉常数。

[0014] 根据一个改进方案,借助于控制半导体开关的驱动电路探测故障的半导体开关。这样的驱动电路在现有技术中已知为门极驱动器。为了借助于这样的驱动电路来探测故障的半导体开关,根据改进方案,将经由故障的半导体开关下降的电压与电压额定值进行比较。如果即使在半导体开关的控制输入端 (例如门极上) 产生用于截止半导体开关的控制信号,电压也保持小于电压额定值,那么发出半导体开关故障的信号。附加地或者可选择地,可以对通过另外的半导体开关中的一个下降的电压进行评估。在短路时,在此超出预定的额定值。

[0015] 根据一个改进方案,在保险丝熔断之后,借助于至少两个另外的半导体开关抑制在保险丝中的电弧。由此获得如下优点,即能够主动地控制电弧。

[0016] 一个改进方案实现了在变频器的运行期间执行该方法,也就是在通过变频器运行

电负载期间执行该方法。在运行期间探测到故障的半导体开关。为了熔断保险丝，激活预定的脉冲图形，借助于该脉冲图形对至少两个另外的半导体开关进行驱控。在此期间，负载例如可以空转，当其例如是电驱动马达时。

[0017] 根据一个改进方案提出，在保险丝熔断之后利用故障的半导体开关继续驱动变频器。在此随后使用半桥的并联连接的半导体开关。由此实现了变频器的继续运行。例如由此能够实现飞行器的安全着陆。

[0018] 在一个改进方案中，脉冲持续时间 $T_{soa}$ 在8微秒至15微秒的范围中。在此，在短路电流的情况中也获得半导体开关的安全和/或受保护的运行。

[0019] 根据本发明的变频器尤其是二电平变频器。

[0020] 本发明还包括一种飞行器，其尤其设计成固定翼飞行器。根据本发明的飞行器具有至少一个电驱动马达，用于驱动飞行器的相应的螺旋桨。这样的飞行器也设计成电动飞机。在飞行器设计成直升飞机的情况中，螺旋桨是飞行器的旋翼。飞行器的至少一个驱动马达通过变频器与发电机耦合连接。变频器在此是根据本发明的变频器的一个实施方式。根据本发明的飞行器具有如下的优点，即在半导体开关故障的情况中实现飞行器的安全的继续飞行。

## 附图说明

[0021] 接下来对本发明的实施例进行描述。图中示出：

[0022] 图1是根据本发明的变频器的一个实施方式的示意图；

[0023] 图2是图1中的变频器的半桥的示意图；

[0024] 图3是具有如何能够获得在图2的半桥中的在执行根据本发明的方法的一个实施方式时的短路电流的示意性过程曲线图；以及

[0025] 图4是根据本发明的飞行器的一个实施方式的示意图。

## 具体实施方式

[0026] 在接下来描述的实施例中，是本发明的优选实施方式。在该实施例中，实施方式中所述的组件分别描述了本发明的单独的彼此独立考虑的特征，这些特征也分别彼此独立地对本发明进行改进并且由此也单独地或者以与所示出的组合不同的组合被视为本发明的组成部分。此外，所述的实施方式也能够通过本发明的已经描述的特征另外的特征来补充。

[0027] 在附图中功能相同的部件分别具有相同的参考标号。

[0028] 图1示出了变频器1，其具有整流器2、中间电路3、逆变器4和控制装置5。经由变频器1能够将例如是发电机的电压源6与例如是电马达的电负载7彼此耦联。电压源6可以通过相导线8连接到整流器2上。负载7可以通过相导线9连接到逆变器4上。通过相导线8、9能够分别传输不同相的交流电压。相在图1中通过常规的相标识U、V、W标注。

[0029] 通过整流器2能够由相导线8的交流电压产生直流电压S，在整流器2的正极输出端10和负极输出端11处将该直流电压输送到中间电路3中。中间电路3可以具有连接至正极输出端10的正极导线12和连接至负极输出端11的负极导线13。正极导线12和负极导线13能够通过中间电路电容器14耦联，通过中间电路电容器提供中间电路电容C。正极导线12能够连接到逆变器4的正极接口15上。负极导线13能够连接到逆变器4的负极接口16上。正极导线

12、负极导线13和相导线8、9能够分别例如通过电线或者母线提供。

[0030] 逆变器4可以具有半桥17,半桥中的每一个都将正极导线12和负极导线13分别与相导线9中的另外一个连通或者连接。每个半桥17为此能够具有两个开关装置18、19。开关装置18也被称为高边电路,开关装置19也被称为低边电路。在每个半桥17中,开关电路18例如将正极导线12与相应的相导线9连接。开关装置19将负极导线13与相同的相导线9连接。通过交替地通断开关装置18、19以已知的方式在相导线9中由直流电压S注入或者产生交流电压。

[0031] 为了对半桥17的开关装置18、19进行控制,开关装置18、19的控制接口能够与控制装置5耦连。控制装置5能够完全或者部分地集成到开关装置18、19中。其能够部分或者完全地提供作为单独的控制单元。

[0032] 在图2中示出了具有更多细节的逆变器4的截面。在该逆变器4中,开关装置18、19分别具有多个半导体开关20、21。对于每个半导体开关20、21串联有自有的保险丝22。因此,在每个开关装置18、19中,设置有由多个串联电路组成的并联电路,其中每个串联电路由半导体开关20和保险丝22形成或者由半导体开关21和保险丝22形成。通过并联电路,每个开关装置18、19的导电能力大于单个的半导体开关20、21的情况。每个半导体开关20、21例如可以设计成IGBT或者MOSFET。半桥17的半导体开关20、21可以作为半导体模块M1、M2来提供,也就是例如形成在共同的半导体基板上。

[0033] 保险丝22可以具有断开时间或者熔断持续时间 $T_a$ ,其大于在短路时半导体开关20、21的最大允许接通时间。在半导体开关20、21的安全工作范围中的最大接通时间 $T_{soa}$ 可以在8微秒至15微秒的范围中。例如安全工作范围可以为10微秒。

[0034] 为了进一步阐述实施例而假设,半导体开关20中的一个故障的。其在接下来被称为故障的半导体开关23。通过该故障,故障的半导体开关23连续地电导通,也就是说在示出的实例中,正极导线12持续地与相U的相导体9电连接或者短路连接。

[0035] 在变频器1的运行期间,变频器1将相导体8中的交流电压转换成通过相导体9输送给负载7的交流电压。例如通过故障的半导体开关23的驱动电路,也就是门极驱动器,能够基于开关电压识别出半导体开关23是故障的。这例如可以通过信号来通知控制装置5。对此可选择的是,通过没有故障的半导体开关的开关电压同样能够识别出持续导通的半导体开关,因为短路电流引起电压的升高。

[0036] 控制装置5在对信号做出反应时执行方法,通过该方法断开或者融化属于故障的半导体开关23的保险丝24,从而通过保险丝24引起电隔离或者电绝缘。由此随后在该实例中正极导线12与相导体9电隔离,尽管故障的半导体开关23还持续地电导通。

[0037] 在该方法中,通过接通非故障的半导体开关21、即在其中没有故障的半导体开关23的开关装置19中的半导体开关,将故障的半导体开关23通过其保险丝24与中间电路3隔离。通过接通半导体开关21,也就是通过将半导体开关21切换到电导通状态中,正极导线12与负极导线13一方面经由故障的半导体开关23并且另一方面与半导体开关21电短接。由此流动有短路电流I。将在其中有故障的半导体开关23的开关装置18的其余的半导体开关20切换到电截止状态中,也就是说到断开的状态中。由此,短路电流I被引导完全经过保险丝24和故障的半导体开关23。在开关装置19中,短路电流I分散到半导体开关21上。由此阻止了保险丝22融化或者断开。

[0038] 为了使非故障的半导体开关21在保险丝24断开时不被损坏,必须再次将短路电流I在安全的工作范围 $T_{soa}$ 中断开。也就是说,仅仅在脉冲持续时间 $T_{soa}$ 中通过接通半导体开关21来产生短路电流I。脉冲持续时间 $T_{soa}$ 在该实例中为10微秒,这相应于半导体开关21的安全工作范围。然而在例如是直流电压S的直流电压下,保险丝24的断开能够需要比脉冲持续时间 $T_{soa}$ 更长。保险丝的熔化持续时间 $T_a$ 能够持续多于一毫秒,尤其多于5毫秒。这对于具有在脉冲持续时间 $T_{soa}$ 例如为10微秒的情况下的安全工作范围的半导体开关21来说是明显过长的。

[0039] 图3再次说明了时间上的关系。在图3中示出了在执行该方法时经过半导体开关中的一个21的部分电流在时间t上的电流强度i。短路电流I分散到半导体开关21上并且在半导体开关处作为部分电流 $I_d$ 被引导。部分电流的电流强度i在此上升到最大部分电流 $I_d$ ,如其在没有损坏的保险丝24的情况中所出现的那样。在该实例中假设,在反应时间 $T_s$ 之后由控制装置5接收信号,通过该信号来通知故障的半导体开关23。在脉冲持续时间 $T_{soa}$ 之后,半导体开关21断开或者切换到截止状态中。相反为了断开保险丝24需要熔断持续时间 $T_a$ 。

[0040] 在每个开关脉冲或者短路电流25之间,半导体开关21为了脉冲间隔 $T_p$ 切换到断开状态中。

[0041] 由此,必须对短路电流I进行引导的、还有效的半导体开关21在断开保险丝24时不会过载。保险丝24在脉冲持续时间 $T_{soa}$ 内通过高的短路电流I逐步地随着每次短路25熔化,其中,短路电流随后在每步之后还在安全的工作范围内在脉冲持续时间 $T_{soa}$ 之后断开。以通常方式执行的断开过程在图3中通过虚线示出,其说明,在此的熔化持续时间 $T_a$ 大于安全的工作范围 $T_{soa}$ 。

[0042] 因为保险丝24的热学时间常数大于半导体开关21的热学时间常数,因此保险丝24在脉冲时间间隔 $T_p$ 内仅仅很少地冷却。因此,在保险丝24熔断或者部分熔化之后在保险丝24中的绝缘路径逐段地随着每次短路25增大,这通过非故障的半导体开关25重复地接通和断开短路电流I来实现。因此延长了断开时间,也就是熔化持续时间 $T_a$ ,并且得到所示出的熔化持续时间 $T_a'$ 。在此,相比对于融化持续时间 $T_a$ 持续地加载短路电流的方式,通过半导体开关21多次循环地加载短路来更具有保护性地驱动该半导体开关。

[0043] 在保险丝24融化之后,在保险丝24中能够形成电弧,其能够通过切换半导体开关21被直接影响。通过重复地接通半导体开关21,保险丝因此持续地被损害直至形成绝缘路径为止。通过这种方式方法,还活跃的半导体开关21即使在保险丝24断开的情况中也持续地在其安全工作范围(SOA)中运行。

[0044] 图4示例性地示出如何能够在飞行器26中提供变频器1。图4示出了固定翼飞机26,其中螺旋桨27能够通过负载7驱动。螺旋桨27经由轴28通过负载7旋转。负载7在该实例中是电驱动马达,也就是电机,以马达运行模式来运行该电机。用于驱动螺旋桨27的能量可以通过内燃机29获得,该内燃机例如可以是汽油机或者柴油机。内燃机29可以经由轴30来驱动电压源6,其在此设计成发电机。在发电机运行模式中,电机可以作为发电机被提供。轴30的转数在此并不取决于轴28的转数。为此,由电压源6产生的交流电压以所描述的方法通过变频器1转换成交流电压,其能够通过交流电压相导体9输入到负载7中。开关装置18、19的开关频率在此通过控制装置5根据螺旋桨27的额定转数设定。该额定转数在此例如可以通过飞行员借助于(没有示出的)操纵元件设定或者预设。

[0045] 总体上,该实例示出如何能够通过本发明提供一种方法,该方法用于断开在电动飞机变频器中的具有保险丝的半导体保护保险。

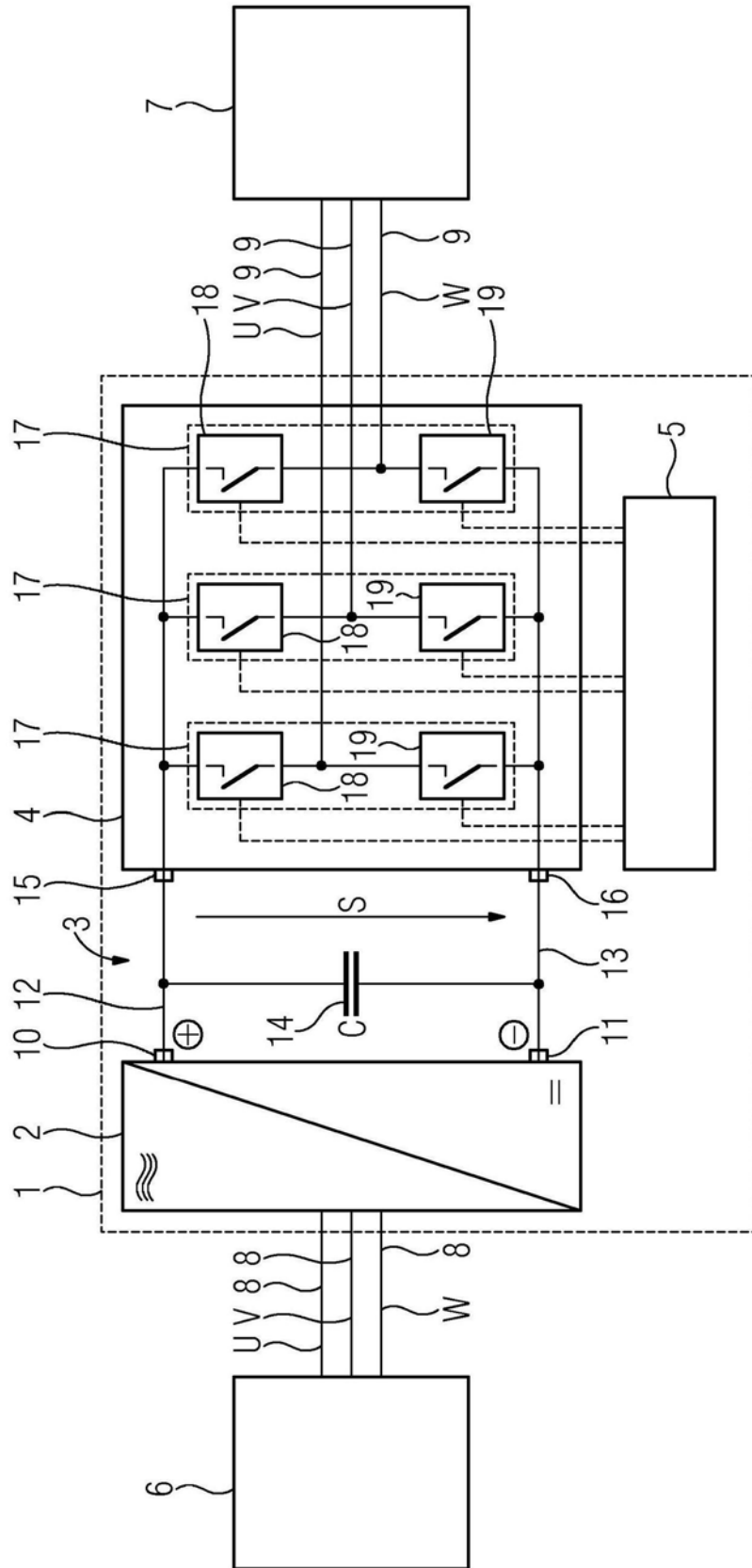


图1



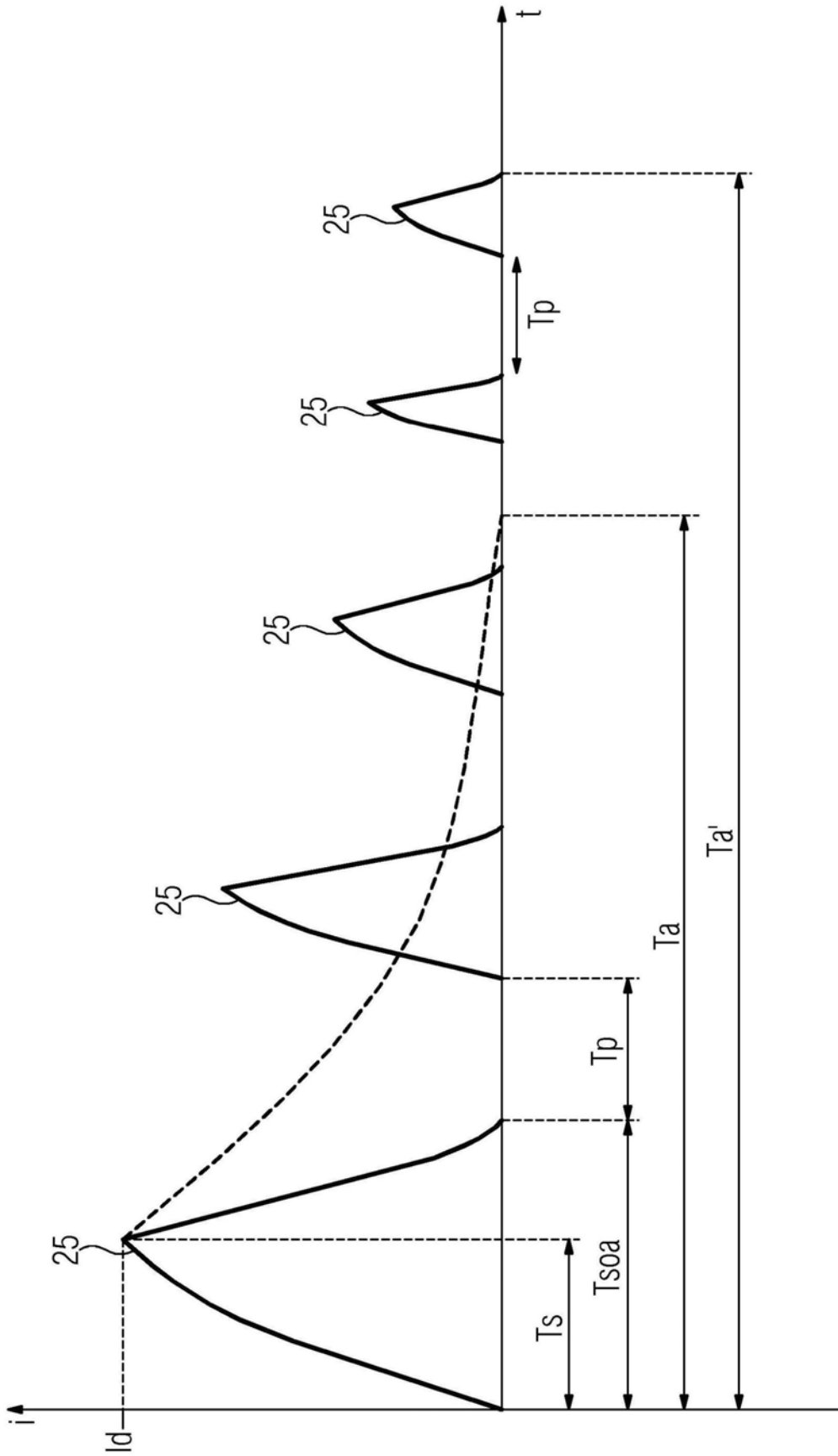


图3

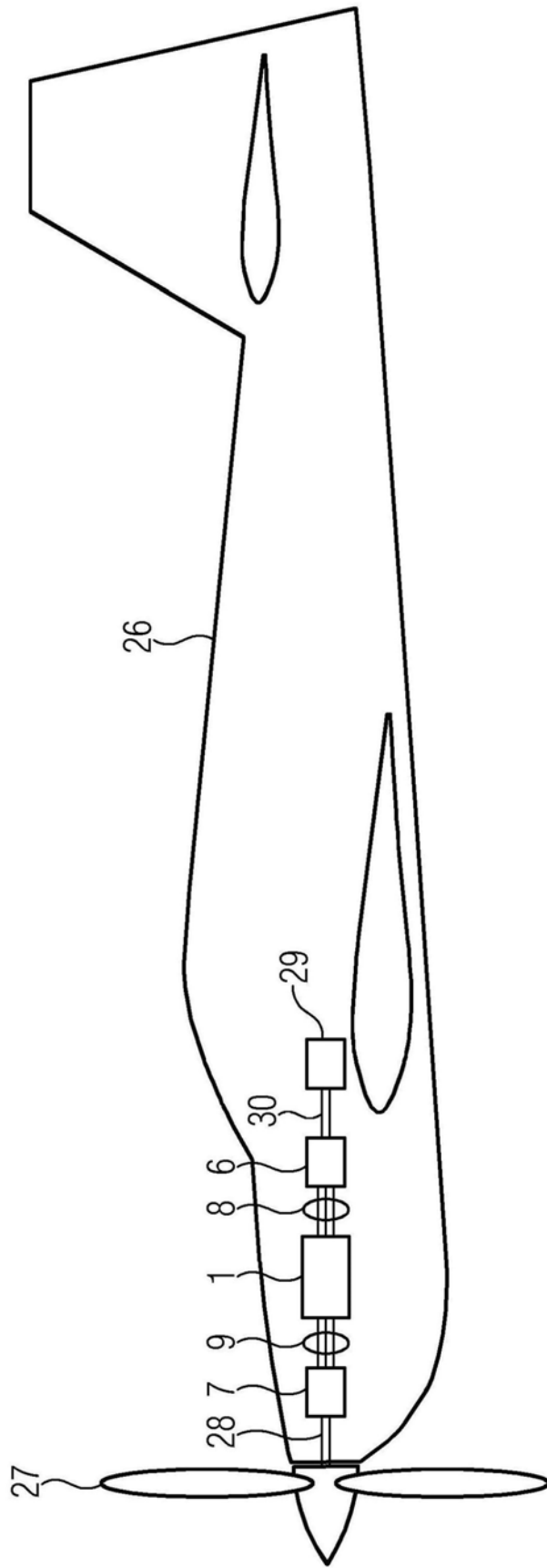


图4