



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114977866 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 30

(21) 申请号 202210163775.5

H02M 1/32 (2007.01)

(22) 申请日 2022.02.18

H02M 1/36 (2007.01)

(30) 优先权数据

H02M 1/088 (2006.01)

21157852.1 2021.02.18 EP

H02M 3/335 (2006.01)

17/665,249 2022.02.04 US

H02P 27/08 (2006.01)

(71) 申请人 电力集成公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 A·福尔克 V·莫勒 S·阿比德

D·A·E·A·哈格隆德

M·霍恩坎普 M·彼得

(74) 专利代理机构 北京汇知杰知识产权代理有

限公司 11587

专利代理师 李洁 董江虹

(51) Int. Cl.

H02M 7/5387 (2007.01)

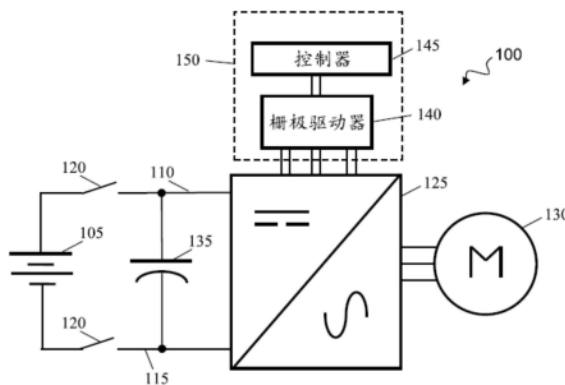
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

电驱动系统的有源放电

(57) 摘要

用于车辆的电驱动系统的有源放电的系统、装置和方法,所述电驱动系统包括:逆变器,所述逆变器具有至少一个相支路,其中所述相支路中的第一相支路包括第一功率开关;dc/dc转换器,所述dc/dc转换器被配置为生成内部供电电压,所述内部供电电压相对于轨上的电压被调节;以及栅极驱动通道,所述栅极驱动通道被配置为:通过在所述车辆的运行期间施加相对高的电压差来驱动所述第一功率开关进入传导,并且在指示关停或故障的信号之后以相对较低的电压差继续对所述第一功率开关的驱动。所述dc/dc转换器被配置为将所述内部供电电压生成为相对于所述轨上的所述电压具有相对高的电压差或相对于所述轨上的所述电压具有相对较低的电压差。



1. 一种用于车辆的电驱动系统,所述电驱动系统包括:

逆变器,所述逆变器具有至少一个相支路,其中所述至少一个相支路中的第一相支路包括第一功率开关;

dc/dc转换器,所述dc/dc转换器被配置为生成内部供电电压,所述内部供电电压相对于被配置为耦合到dc电源的轨上的电压被调节,其中所述dc/dc转换器被配置为将所述内部供电电压生成为相对于所述轨上的所述电压具有相对高的电压差或相对于所述轨上的所述电压具有相对较低的电压差;以及

栅极驱动通道,所述栅极驱动通道被配置为:通过在所述车辆的运行期间施加从所述内部供电电压得到的相对高的电压差来驱动所述第一功率开关进入传导,并且在指示所述车辆的关停或故障的信号之后以从所述内部供电电压得到的相对较低的电压差继续对所述第一功率开关的驱动。

2. 根据权利要求1所述的电驱动系统,其中所述dc/dc转换器包括:

晶体管桥;以及

桥控制器,所述桥控制器被耦合以接收放电命令,并且作为响应,被配置为从驱动所述晶体管桥作为全桥切换到驱动所述晶体管桥作为半桥。

3. 根据权利要求1所述的电驱动系统,其中所述栅极驱动通道被配置为在指示所述车辆的关停或故障的所述信号之后脉冲地驱动所述第一功率开关。

4. 根据权利要求3所述的电驱动系统,其中所述栅极驱动通道被配置为在相对于使并联耦合于所述逆变器的所述至少一个相支路的电容放电所需的时间所定义的持续时间内脉冲地驱动所述第一功率开关。

5. 根据权利要求3所述的电驱动系统,其中所述栅极驱动通道包括具有去饱和保护电路的栅极驱动器电路,其中所述去饱和保护电路指定在脉冲的驱动期间所述第一功率开关的传导将何时结束。

6. 根据权利要求1所述的电驱动系统,其中所述dc/dc转换器还包括:

电容器;以及

变压器,所述变压器具有输入绕组和输出绕组,其中所述电容器耦合到所述变压器的所述输入绕组。

7. 根据权利要求1所述的电驱动系统,其中:

所述至少一个相支路中的所述第一相支路包括第二功率开关;并且

所述栅极驱动通道还被配置为在所述持续时间内驱动所述第二功率开关。

8. 根据权利要求7所述的电驱动系统,其中所述栅极驱动通道被配置为在所述持续时间内以比所述第一功率开关的跨导更高的跨导来驱动所述第二功率开关。

9. 根据权利要求1所述的电驱动系统,其中所述电驱动系统被安置在车辆中。

10. 一种控制系统,所述控制系统被配置为控制包括第一端子、第二端子和控制端子的功率开关,其中所述功率开关的所述第一端子和第二端子之间的传导响应于所述控制端子上的电压与所述第二端子上的电压之间的差,其中所述控制系统包括:

供电电容器,所述供电电容器耦合在所述控制系统的正轨和负轨之间;

dc/dc转换器,所述dc/dc转换器被配置为检测所述控制系统中的放电命令,其中所述放电命令启动所述供电电容器的有源放电,所述dc/dc转换器被配置为从生成具有相对较

高的电压差的内部供电电压切换到生成具有相对较低的电压差的所述供电电压,其中所述dc/dc转换器被配置为输出指示所述内部供电电压下降到阈值以下的信号;以及

开关控制器,所述开关控制器被耦合以接收指示所述内部供电电压下降到阈值以下的所述信号,其中所述开关控制器被配置为响应于指示所述内部供电电压下降到所述阈值以下的所述信号而基于具有相对较低的电压差的所述供电电压控制所述控制端子上的电压和所述第二端子上的电压之间的差。

11. 根据权利要求10所述的控制系统,其中所述dc/dc转换器包括:

晶体管桥;以及

桥控制器,所述桥控制器被耦合以接收所述放电命令,并且作为响应,被配置为从驱动所述晶体管桥作为全桥切换到驱动所述晶体管桥作为半桥。

12. 根据权利要求10所述的控制系统,其中所述放电命令是关停命令。

13. 根据权利要求10所述的控制系统,其中所述开关控制器被配置为接收高电平命令并且将所述高电平命令转换为开关模式以用于控制所述控制端子上的电压和所述第二端子上的电压之间的差。

14. 根据权利要求10所述的控制系统,其中所述开关控制器包括具有去饱和保护电路的栅极驱动器电路,其中所述去饱和保护电路指定在所述有源放电期间所述功率开关的传导将何时结束。

15. 根据权利要求10所述的控制系统,其中所述dc/dc转换器被配置为输出欠压信号以指示所述内部供电电压下降到所述阈值以下。

16. 根据权利要求10所述的控制系统,其中所述功率开关是具有多个相支路的逆变器的一个相支路的一部分。

17. 根据权利要求10所述的控制系统,其中所述控制系统被安置在车辆中。

## 电驱动系统的有源放电

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求享有于2021年2月18日提交的第21157852.1号欧洲专利申请的优先权。第21157852.1号欧洲专利申请通过引用整体并入本文。

### 技术领域

[0003] 本发明涉及电驱动系统(electric drive system)的有源放电(active discharge)。

### 背景技术

[0004] 电驱动系统存在于电动车辆——诸如电动汽车和卡车、混合动力电动汽车和卡车以及电动火车和有轨电车——中。电动车辆通常包括逆变器,该逆变器将电池或其他直流(dc)输出转换为交流(ac)信号以用于驱动电动马达。在这些车辆中,相对大并且高的电流容量能量存储电容通常被用作电池和逆变器之间的中间缓冲器。这些电容可以被称为“DC链路电容器”或“平滑电容器”。这些电容使输入电压平滑,向逆变器输出级提供低电感电流通路,以及存储能量。

[0005] 电池供电的电动车辆中的电驱动系统通常将在其运行寿命内被关停(shut down)数千次。在关停期间,电池与电驱动系统的其余部分隔离。然而,在没有进一步措施的情况下,中间DC链路电容器将在与电池断开连接之后保留电荷。出于安全原因,监管机构通常要求在关停之后不久合理地消散此电荷。例如,典型的监管要求将使DC链路电容器在2秒内放电到在60伏特以下的电压。

[0006] 在一些情况下,放电开关和电阻器可以并联耦合于DC链路电容器。在与电池断开连接之后,此放电开关被切换成传导,并且DC链路电容器通过该电阻器放电。

### 附图说明

[0007] 参考以下附图描述了本发明的非限制性和非穷举性实施方案,其中除非另有说明,否则相同的参考数字在所有各个视图中指代相同的部分。

[0008] 图1是电驱动系统的示意性表示。

[0009] 图2是图1的电驱动系统中的负责控制经由单个相支路(phase leg,相脚)向电动马达提供电力的部分的示意性表示。

[0010] 图3是供电调节器(supply regulator)以及在供电调节器和图1的控制器之间耦合的示意性表示。

[0011] 图4是适合于在电动车辆驱动系统中的逆变器中使用的IGBT的输出特性的曲线图。

[0012] 图5是示意性地表示用于DC链路电容器的有源放电的过程的泳道图(swim lane diagram)。

[0013] 图6是图1的电驱动系统中的不同的波形的示意性表示。

[0014] 各个附图中的相同的参考符号指示相同元件。

### 具体实施方式

[0015] 在以下描述中,阐述了许多具体细节,以提供对本发明的透彻理解。然而,对于本领域的普通技术人员将明显的是,不需要采用具体细节来实践本发明。在其他情况下,未详细描述众所周知的材料或方法,以避免模糊本发明。

[0016] 贯穿本说明书提及“一个实施方案(one embodiment)”、“一实施方案(an embodiment)”、“一个实施例(one example)”或“一实施例(an example)”意味着,结合该实施方案或实施例描述的具体特征、结构或特性被包括在本发明的至少一个实施方案中。因此,贯穿本说明书在各个地方出现的短语“在一个实施方案中”、“在一实施方案中”、“一个实施例”或“一实施例”不一定全指代相同的实施方案或实施例。此外,具体特征、结构或特性可以在一个或多个实施方案或实施例中以任何合适的组合和/或子组合进行组合。具体特征、结构或特性可以被包括在集成电路、电子电路、组合逻辑电路或提供所描述的功能的其他合适的部件中。另外,应理解,随此提供的附图用于向本领域普通技术人员进行解释的目的,并且附图不一定按比例绘制。

[0017] 如上文所讨论的,监管机构通常要求在关停之后不久合理地消散在断开连接之后在DC链路电容器上保留的电荷。

[0018] 在本公开内容的实施方案中,驱动电动马达的功率开关中的一个或多个可以被用来使DC链路电容器放电。由功率开关传导的电流的量响应于功率开关的控制端子电压和参考端子电压之间的差。栅极驱动单元控制控制端子和参考端子之间的电压差以接通和关断功率开关并且使DC链路电容器放电。在实施方案中,控制端子电压和参考端子电压之间的差可以被改变以在使DC链路电容器放电期间由功率开关控制电流传导。

[0019] 图1是电驱动系统100的示意性表示。驱动系统100包括通过开关120可逆地耦合在高轨(high rail)110和低轨(low rail)115之间的电池105。驱动系统100还包括逆变器125、电动马达130、以及栅极驱动通道150。在运行中,在栅极驱动通道150的引导下,逆变器125将由电池105供应的dc电压转换为ac电压,并且为电动马达130供应电力。DC链路电容器135耦合在轨110、115之间。当通过开关120使电池105与轨110、115去耦合时,DC链路电容器135通过逆变器125来放电。

[0020] 更详细地,开关120通常是机械开关并且被耦合以将电池105与轨110、115连接以及将电池105与轨110、115断开连接。在正常状况下,当包括驱动系统100的车辆在运行——例如,移动或准备好移动——时,电池105将被连接到轨110、115。在关断期间或在发生足够严重的故障状况的情况下,电池105将与轨110、115断开连接。

[0021] 在电池105连接到轨110、115后,DC链路电容器135和逆变器125都将由电池105偏置。在DC链路电容器135两端形成的电压将趋向于与由电池105提供的电压相等。然而,由于DC链路电容器135比电池105更快地接受和提供电荷,因此将出现与相等的偏差。另外,DC链路电容器135通常被放置得更靠近于逆变器125的功率开关并且在距电池105某一距离处。电缆电感可以导致高瞬态电压事件。因此DC链路电容器135起作用以使逆变器125两端的轨110、115之间的电压平滑。

[0022] 逆变器125可以包括一批相支路,每个相支路由串联耦合在轨110、115之间的一对

开关器件形成。通常,开关器件将是绝缘栅双极晶体管(IGBT)或其他功率半导体器件。其他功率半导体器件可以包括晶体管,诸如氮化镓(GaN)基晶体管、硅(Si)基晶体管或碳化硅(SiC)基晶体管。也可以使用其他晶体管,诸如金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)或双极结晶体管(BJT)。开关器件的开关在控制器145的控制下由栅极驱动器电路140驱动。栅极驱动器电路140被配置为根据从控制器145接收的控制信号使逆变器125中的开关器件适当地偏置。控制器145被配置为响应于较高电平的控制信号而生成控制信号。较高电平的控制信号的实施例包括例如车辆的速度将被增加或减少的指示。在一些实施方式中,来自控制器145的控制信号可以指定将由栅极驱动器电路140使用以使逆变器125中的开关器件偏置的开关模式。例如,来自控制器145的控制信号可以是脉宽调制开关模式,该脉宽调制开关模式由栅极驱动器电路140转换为适合于驱动逆变器125中的开关器件的信号。在其他实施方式中,由控制器145生成的控制信号是较高电平的并且由栅极驱动器电路140使用以生成开关模式。控制器145可以被实施为例如与栅极驱动器电路140设置在同一印刷电路板(PCB)上的微控制器。在其他实施方案中,控制器145可以被实施为设置在与栅极驱动器电路140分开的PCB上的微控制器。像逆变器125一样,栅极驱动器电路140可以参考轨115。控制器145也可以参考轨115,可以参考另一个电压,或可以包括参考轨115的一些部件以及参考另一个电压的其他部件。

[0023] 在任何情况下,栅极驱动器电路140和控制器145可以被认为是栅极驱动通道150的一部分,该栅极驱动通道150通过适当地驱动逆变器125中的开关来控制向电动马达130提供电力。如下文进一步讨论的,控制器145还可以在电池105通过开关120与轨110、115去耦合时控制逆变器125中的开关器件中的一个或多个的开关以使DC链路电容器135放电。

[0024] 图2是表示电驱动系统100中的电路的一部分——即,负责控制经由单个相支路向电动马达130提供电力的部分——的示意性表示。

[0025] 更详细地,电驱动系统100包括电源205。通常,电源205被配置为在其输出轨210、212之间生成内部供电电压(即, $V_{ISO}-V_{COM}$ )。如所示出的,电源205接收输入轨350、355以生成输出轨210、212。在一些实施方式中,高轨110和低轨115可以充当输入轨350、355,尽管情况不是必须如此。例如,参考DIN 72552,触点30/31可以耦合到输入轨350、355。

[0026] 在电驱动系统100的所例示的低侧部分中,具有在 $V_{ISO}$ 和 $V_{COM}$ 之间的范围内的电压 $V_{EE}$ 的中间输出被连结到电池105的低轨115。顺便一提,在控制IGBT 240的开关的电驱动系统100的对应的高侧部分中,第二供电调节器的中间输出将被连结到逆变器125的相支路260中的中间节点,即,输出节点250。

[0027] 返回电驱动系统100的所例示的低侧部分,在电源205的中间输出215连结到低轨115的一个实施例中,电压 $V_{ISO}$  210在适合驱动功率开关245的电压范围内并且参考轨115。此外,电压 $V_{COM}$  212被选择以适应IGBT 245的关断栅极电压。在一个实施例中,电压 $V_{COM}$  212相对于轨115上的电压是低的。在另一个实施方案中,电压 $V_{COM}$  212可以大体上等于电压 $V_{EE}$  215。由于电源205执行的转换,即使在车辆的运行期间面对负载状况的改变,高供电轨210 $V_{ISO}$ 、低供电轨212 $V_{COM}$ 和中间输出215 $V_{EE}$ 之间的电压差可以是相当恒定的。这些负载状况包括车辆的速度并且可以被反映在功率开关245的开关频率中。此外, $V_{ISO}$ 、 $V_{EE}$ 和 $V_{COM}$ 之间的电压差的量值(magnitude)被选择以提供IGBT 245的工作接通电压和关断电压。此外,可以利用 $V_{ISO}$ 、 $V_{EE}$ 和 $V_{COM}$ 向栅极驱动器140的内部电路提供工作供电电压。例如, $V_{ISO}$ 和 $V_{COM}$ 之间的

电压差可以在15-30V之间(例如,20伏特)。在车辆行驶期间, $V_{EE}$ 和 $V_{COM}$ 之间的电压差可以是例如0-10伏特(例如,5伏特),使得轨212上的电压 $V_{COM}$ 等于低轨115上的电压或在低轨115上的电压以下。

[0028] 如下文进一步讨论的,当电池105与轨110、115去耦合时,轨210、212之间的电压差可以被改变以使DC链路电容器135放电。该改变可以在控制器145的引导下由电源205来实施。为此,控制器145通过一个或多个信号线路270耦合到电源205,例如通过所述一个或多个信号线路270,控制器145可以将有源放电模式的启动用信号通知电源205并且电源205可以向控制器提供关于轨210、212之间的电压差的改变的信息。

[0029] 栅极驱动通道150的至少一部分是在轨210和212所供电的、驱动系统100中的电路中。栅极驱动通道150的一部分的所例示的实施方式包括栅极驱动器140、上拉晶体管225、下拉晶体管230和单个栅极电阻器232。栅极驱动器140被配置为接收控制信号并且根据那些控制信号控制晶体管225、230。上拉晶体管225耦合在高供电轨210和栅极驱动通道的输出节点235之间。下拉晶体管230耦合在输出节点235和低轨212之间。栅极电阻器232将驱动信号从输出节点235传导到IGBT 245。

[0030] 栅极驱动通道150的此部分的其他实施方式是可能的。例如,不包括输出节点235,IGBT 245的栅极可以使用不同的通道被上拉和下拉,所述不同的通道各自包括一个晶体管和一个栅极电阻器并且替代地将IGBT 245的栅极耦合到相应的轨。

[0031] 电驱动系统100的所例示的部分还包括逆变器125的单个相支路260。相支路260包括串联耦合在正轨110和低供电轨115之间的一对IGBT 240、245。逆变器125的输出节点250在IGBT 240、245之间并且在IGBT 240、245中的相应的一个被切换进入传导时可逆地耦合到正轨110或低供电轨115中的单个轨。

[0032] 应注意,每个IGBT 240、245的控制端子(即,栅极)耦合到栅极驱动通道150的一相应的部分,尽管在示意性例示中仅示出IGBT245的耦合。此外,逆变器125包括附加的相支路(例如,总共3或4个相支路)。

[0033] 在运行中,栅极驱动器140——连同栅极驱动通道150的其他部分——将协调IGBT 240、245和逆变器125的其他支路中的其他开关的开关,以为电动马达130供电。当IGBT 245将被偏置进入传导时,下拉晶体管230由栅极驱动器140驱动进入不传导状态,并且上拉晶体管225被驱动进入传导状态。通过上拉晶体管225的传导使IGBT 245相对于低供电轨115正偏置并且进入传导。电流可以通过马达130和IGBT 245流动到低供电轨115。当IGBT 245将被偏置进入不传导时,上拉晶体管225被驱动进入不传导状态并且下拉晶体管230由栅极驱动器140驱动进入传导状态。通过下拉晶体管230的传导使IGBT 245的栅极相对于低供电轨115负偏置并且不传导。由于电源205供应电压 $V_{ISO}$ 、 $V_{EE}$ 、 $V_{COM}$ ,低轨212可以使IGBT 245的栅极负偏置并且确保适当的关断。然而,如上文所讨论的,在替代实施方式中,轨215上的电压可以大体上等于轨212上的电压。

[0034] 例如,假设在车辆运行期间,电源205供应在轨210的 $V_{ISO}$ 和轨212的 $V_{COM}$ 之间的20伏特的电压差,其中 $V_{EE}$ 在 $V_{COM}$ 以上大约5伏特。因此, $V_{ISO}$ 和 $V_{EE}$ 之间的电压差是约15伏特。在下拉晶体管230处于传导而上拉晶体管225不传导的情况下,IGBT 245的栅极将被偏置到在 $V_{EE}$ 以下5伏特,并且因此在IGBT 245的发射极以下5伏特。确保IGBT 245的关断。在上拉晶体管225处于传导而下拉晶体管230不传导的情况下,IGBT 245的栅极将相对于 $V_{EE}$ 正偏置15伏

特,并且因此在IGBT 245的发射极以上15伏特。确保IGBT 245的接通并且IGBT 245将以给定的跨导传导。

[0035] 图3是电源205的一部分以及在电源205和控制器145之间的耦合的一实施方式的示意性表示。电源205的所例示的实施方式是全桥dc/dc转换器并且包括桥控制器305、晶体管桥310、变压器315、电容器319和整流器320。具体地,电源205被示出为全桥LLC转换器。其他dc/dc转换器拓扑是可能的。不管具体的dc/dc转换器拓扑,电源205供应高供电轨210和低轨212之间的内部供电电压 $V_{ISO}-V_{COM}$ 。在一些实施方式中,内部供电电压 $V_{ISO}-V_{COM}$ 可以被调节,尽管情况不是必须如此。此外,中间输出215(未示出)处的电压 $V_{EE}$ 可以多种不同的方式——包括:例如包括电阻器、齐纳二极管和/或耦合在轨210、212之间的其他元件的分压器——设置在电压 $V_{ISO}$ 、 $V_{COM}$ 之间。更详细地,晶体管桥310包括耦合在一对dc供电轨350、355之间的晶体管330、335、340、345。DC供电轨350、355以一电平供应dc电压,使得考虑到变压器315的匝数比,桥控制器305可以使用晶体管桥310作为全桥生成高供电轨210和低轨212之间的内部供电电压差 $V_{ISO}-V_{COM}$ ,例如在电压模式控制方案中。在一个实施方案中,桥控制器305和晶体管330、335、340、345可以被形成为被制造为混合或单片集成电路的集成电路的一部分。如所示出的,晶体管330、335、340、345被例示为n型MOSFET,然而应理解,可以利用其他晶体管。

[0036] 在使用桥310作为全桥时,桥控制器305可以将晶体管335、340切换进入传导,同时维持晶体管330、345处于不传导状态。此配置在变压器315的输入绕组两端施加轨350、355之间的电压差减去电容器319两端的电压。换句话说,输入绕组两端的电压是轨350上的电压减去轨355上的电压减去电容器319两端的电压(假设开关两端的电压降是可忽略的)。随后,桥控制器305可以将晶体管335、340切换进入不传导状态并且将晶体管330、345切换进入传导。此配置在输入绕组两端施加轨350、355之间的电压差减去电容器319两端的电压。换句话说,输入绕组两端的电压变成轨355上的电压减去轨350上的电压减去电容器319两端的电压(再次假设开关两端的电压降是可忽略的)。因此,正脉冲和负脉冲的交流电力系列被施加在输入绕组两端,并且根据绕组的匝数比和极性被转换为变压器315的输出绕组上的对应的ac信号。整流器320对输出绕组上的ac信号进行整流,以生成高供电轨210和低轨212之间的内部供电电压差 $V_{ISO}-V_{COM}$ 。

[0037] 控制器145还被配置为用信号通知桥控制器DC链路电容器135将被放电。作为响应,桥控制器305可以使用桥310作为半桥。例如,桥控制器305可以维持晶体管330、335、340、345中的一个处于传导并且另一个不传导,同时交替地切换连接到变压器315的输入绕组的另一个端子的晶体管330、335、340、345中的任何一个。

[0038] 通过实施例的方式,假设桥控制器305维持晶体管340处于传导并且晶体管330不传导。当晶体管345处于不传导状态并且晶体管335处于传导状态时,轨350、355之间的电压差减去电容器319两端的电压被施加在变压器315的输入绕组两端。换句话说,输入绕组两端的电压是轨350上的电压减去轨355上的电压减去电容器319两端的电压。在半桥配置中,电容器319和变压器315的电感器上的电压稳定到轨350、355之间的电压差的大约一半。这导致变压器315的输入绕组两端电压降低,并且在高供电轨210和低轨212之间生成较小的差。相反,当晶体管335处于不传导状态并且晶体管345处于传导状态时,没有电压差被施加在电容和变压器315的输入绕组两端。这样,正脉冲被转换为变压器315的输出绕组上的对

应的ac信号,并且在通过整流器320整流之后,在高供电轨210和低轨212之间生成较小的差。换句话说,变压器315的输入绕组两端的降低的电压导致在高供电轨210和低轨212之间生成较小的差。

[0039] 如上文所讨论的,控制器145可以引导栅极驱动器140协调逆变器125的支路中的开关的开关,以为马达130供电。然而,控制器145还可以控制栅极驱动器140以协调逆变器125的支路中的开关的开关,以使DC链路电容器135(图1)有源放电。

[0040] 再次参考图2,当IGBT 245将被切换进入传导或不传导时,通过上拉晶体管225和下拉晶体管230的交替传导使IGBT 245的栅极相对于低供电轨115正偏置或负偏置。偏置的量值是 $V_{ISO}$ 和 $V_{EE}$ 之间的电压差或 $V_{EE}$ 和 $V_{COM}$ 之间的电压差。

[0041] 当桥控制器305使用桥310作为半桥时, $V_{ISO}$ 和 $V_{COM}$ 之间的电压差减小。低轨212上的电压 $V_{COM}$ 维持在 $V_{EE}$ 以下并且IGBT 245的栅极仍然被负偏置以用于有效关断。然而, $V_{ISO}$ 和 $V_{EE}$ 之间的电压差——其是IGBT的栅极和发射极之间的电压(即, $V_{GE}$ )——改变IGBT 245的输出特性,使得IGBT 245的阻抗增加并且通过IGBT 245运送的电流减小。

[0042] IGBT 245的输出特性的此改变可以被用来使DC链路电容器135有源放电而不损坏IGBT 240、245。具体地,如上文所讨论的,DC链路电容器135——和轨110、115——将在与电池断开连接之后保留高电压。如果以高跨导驱动IGBT 240、245以使此高电压放电,这可能近似于短路。电流可能是相对高的并且可能损坏IGBT 240、245。相反,通过以 $V_{ISO}$ 和 $V_{EE}$ 之间的相对较低的电压差和较低的跨导来驱动IGBT240、245中的至少一个,电流可以被维持足够低以避免损坏。

[0043] 请注意,各种各样的不同方法可以被用来调整相支路260上的净阻抗以使DC链路电容器135有源放电。例如,

[0044] -IGBT 240可以被保持传导,而IGBT 245以相对低的跨导和较高的阻抗输出特性被有源切换,

[0045] -IGBT 245可以被保持传导,而IGBT 240以相对低的跨导被有源切换,或

[0046] -IGBT 240、245都可以被有源切换,其中至少一个具有相对低的跨导。

[0047] 如果IGBT 240、245都被有源切换,它们的切换通常将被同步,使得IGBT 240、245一致地断开和闭合。然而,情况不是必须如此。例如,IGBT 240可以开始转变进入更传导的导通状态(即,具有相对高的或低的跨导的状态),而IGBT 245最初保持不传导。IGBT 245可以在IGBT 240的导通状态转变期间或之后的某个时间开始转变进入更传导的状态,以进一步使相支路260上的下一个阻抗适应运行状况。仅必需的是在具有相对低的跨导的轨110、115之间形成电流流动路径(path)。

[0048] 此外,以免留下任何疑问,逆变器125中的其他相支路可以对应地参与有源放电。在任何情况下,用至少一个IGBT充当更大阻性的元件,避免轨110、115之间的短路。然而,此IGBT仍然为DC链路电容器135的有源放电提供电流流动通路(pathway)。

[0049] 此外,如下文所讨论的,在有源放电期间IGBT 240、245的一个或两个的开关模式可以由控制器145、栅极驱动器140、或控制器145和栅极驱动器140二者指定。

[0050] 图4是表示适合于在电动车辆驱动系统中的逆变器中使用的IGBT——例如,作为IGBT 240、245——的输出特性的曲线图400。在曲线图400中沿x轴的位置表示以伏特为单位的IGBT的集电极和发射极之间的电压差(即, $V_{CE}$ )。沿y轴的位置表示以安培为单位的集电

极电流(即,  $I_C$ )。不同的曲线405、410、415、420、425、430各自与IGBT的栅极和发射极之间的不同的电压(即,  $V_{GE}$ )相关联。例如, 曲线405示出了当 $V_{GE}$ 是19伏特时 $V_{CE}$ 和 $I_C$ 之间的关系, 曲线410示出了当 $V_{GE}$ 是17伏特时 $V_{CE}$ 和 $I_C$ 之间的关系, 曲线415示出了当 $V_{GE}$ 是15伏特时 $V_{CE}$ 和 $I_C$ 之间的关系, 曲线420示出了当 $V_{GE}$ 是13伏特时 $V_{CE}$ 和 $I_C$ 之间的关系, 曲线425示出了当 $V_{GE}$ 是11伏特时 $V_{CE}$ 和 $I_C$ 之间的关系, 曲线430示出了当 $V_{GE}$ 是9伏特时 $V_{CE}$ 和 $I_C$ 之间的关系。如所示出的, 当 $V_{GE}$ 减小时, 曲线405、410、415、420、425、430的斜率减小并且IGBT的电阻增加。

[0051] 通常, 由IGBT的供应商提供的像曲线图400一样的曲线图可以被容易地用来使不同的部件的电压和值适应一组具体的运行环境。

[0052] 图5是示意性地表示用于DC链路电容器的有源放电的过程500的泳道图。在上文所描述的电驱动系统的上下文中, 控制器道(controller lane)中的动作可以由控制器145执行, 桥控制器道中的动作由桥控制器305执行, 并且栅极驱动器道中的动作由栅极驱动器140执行。尽管可以在这些具体部件的上下文中执行过程500, 但是过程500也可以适合于其他电驱动系统。例如, 在一些实施方式中, 单个物理装置可以提供被认为是不同的控制器所为的功能。例如, 桥控制器和栅极驱动器可以被实施在单个印刷电路板上。然而, 过程和/或逻辑可以被单独地考虑。

[0053] 在过程500中, 在505处, 控制器可以用信号通知有源放电模式的启动。控制器可以响应于一个或多个较高电平的信号——例如, 指示装置的运行将结束的信号或指示足够严重的故障状况已经出现的信号——而用信号通知有源放电模式的启动。可以多种不同的方式来用信号通知有源放电模式的启动。例如, 专用有源放电端子上的信号可以指示该启动。

[0054] 如上文所讨论的, 在一些实施方式中, 来自控制器的控制信号可以指定将由栅极驱动器使用以使逆变器中的开关器件偏置的开关模式。在这些实施方式中, 这样的控制信号在有源放电模式的启动之前被终止。在一些实施方式中, 开关模式的终止可以用信号通知有源放电模式的启动。

[0055] 在一些实施方式中, 桥控制器和栅极驱动器可以被实施在单个物理装置中, 例如, 它们可以被实施在单个栅极驱动印刷电路板上。在另一个实施方式中, 桥控制器和栅极驱动器可以被形成或被制造为混合或单片集成电路的集成电路的一部分。在这样的情况下, 可以使用运送指定逆变器中的开关器件将如何被偏置的控制信号的相同的端子来用信号通知有源放电模式的启动。例如, 在控制信号的合适缺失之后, 专门的有源放电模式启动信号可以由控制器发送给组合的桥控制器/栅极驱动器装置。

[0056] 响应于接收到指示有源放电模式的启动的信号, 在510处, 桥控制器可以从晶体管桥的全桥驱动切换到半桥驱动。如上文所讨论的, 这将导致dc/dc转换器的输出电压的减小。在515处, 桥控制器可以继续驱动晶体管桥作为半桥。在一个实施例中, 桥控制器可以驱动晶体管桥作为半桥, 同时监测dc/dc转换器的输出。此监测可以依赖于dc/dc转换器中的参与输出调节的部件, 即, 不需要dc/dc转换器的修改或附加的部件。

[0057] 此外, 在520处, 桥控制器可以识别dc/dc转换器输出上的欠压状况。通常, 即使不需要使DC链路电容器有源放电, dc/dc转换器将监测欠压状况。这样做是为了识别潜在的故障状况并确保电驱动系统的适当运行。在一些实施方式中, 在有源放电模式中可以依赖此相同的功能, 并且不需要dc/dc转换器的修改或附加的部件。尽管dc/dc转换器的输出电压下降到欠压阈值以下所需的时间在不同的dc/dc转换器中可能改变, 但是通常该下降将需

要在1毫秒和10毫秒之间。

[0058] 在525处,控制器145接收指示欠压状况的信号。作为响应,在530处,控制器将有源放电开关的启动用信号通知栅极驱动器。如上文所讨论的,在一些实施方式中,来自控制器的控制信号可以指定将由栅极驱动器电路使用的具体开关模式。在这样的实施方式中,控制器可以通过传输有源放电开关模式来用信号通知有源放电的启动。例如,有源放电开关模式可以是一系列脉宽调制脉冲。与在车辆的运行期间使用的开关模式中的脉冲相比,用于有源放电的脉冲可以是较高的频率/较短的持续时间。

[0059] 作为另一个实施例,在一些实施方式中,由控制器145生成的控制信号是较高电平的并且由栅极驱动器电路140使用以在有源放电期间生成有源开关模式。

[0060] 作为又一个实施例,在一些实施方式中,有源放电开关模式部分地由控制器145确定并且部分地由栅极驱动器电路140确定。例如,控制器145可以传输IGBT 240、245中的一个或两个何时将切换进入传导的指示,而不传输IGBT 240、245将何时切换为不传导的相关联的指示。而是,IGBT 240、245将何时切换为不传导的时序(timing,时机)可以由栅极驱动器电路140确定。

[0061] 在一些实施方式中,栅极驱动器电路140中的去饱和和保护功能可以被用来指定IGBT 240、245何时将被切换为不传导。在此上下文中,去饱和和保护是由栅极驱动器电路实施以保护被驱动开关(driven switch)(例如,IGBT 240、245)免受可能例如损坏器件的电流的影响的功能。在所保护的器件中检测到过电流或短路,并且作为响应,该器件被切换为不传导。通常重要的是尽可能快地将器件切换为不传导。为此,去饱和和保护通常由直接耦合到器件并且可以无延迟地响应的栅极驱动器电路来实施。

[0062] 在有源放电的本上下文中,栅极驱动器电路140可以实施去饱和和保护并且监测IGBT 240、245中的一个或两个上的电压。通常,栅极驱动器电路140将IGBT 240、245中的一个或两个上的电压与阈值进行比较,以确定去饱和或短路状况是否存在。如果IGBT 240、245上的电压大于阈值,栅极驱动器电路触发对IGBT的保护并且关断IGBT。在有源放电期间可以使用此过程来指定IGBT 240、245何时将被切换为不传导。具体地,栅极驱动器电路140响应于检测到去饱和/短路状况而关断IGBT 240、245。

[0063] 此方法可以提供一些优点。例如,去饱和和保护功能通常已经存在于现代栅极驱动器电路中。此外,因为去饱和和保护依赖于感测被驱动开关内的电流或电压,所以使用去饱和和保护定义有源放电开关模式的一部分固有地使有源放电开关模式不仅适合于被驱动开关,而且适合于其运行状态(例如,温度)。

[0064] 在任何情况下,该过程还继续到块532,在该块中,栅极驱动器通过根据有源放电开关模式驱动晶体管的接通和关断来实施有源放电开关模式。

[0065] 在有源放电期间,控制器和栅极驱动器中的一个或两个可以监测DC链路电容器两端的电压。在535处,将被确定的是DC链路电容器是否已经被充分地放电。如果DC链路电容器未被充分地放电,在531处,控制器145继续提供有源放电开关模式。如果DC链路电容器已经被充分地放电,在540处,将用信号通知有源放电模式的结束。在所例示的实施方式中,控制器确定DC链路电容器已经被充分地放电并且将有源放电模式的结束用信号通知桥控制器和栅极驱动器二者。在栅极驱动器确定DC链路电容器已经被充分地放电的实施方式中,栅极驱动器将有源放电模式的结束用信号通知桥控制器和控制器。在任一种情况下,在550

处,有源放电开关方案结束。一旦有源放电方案结束,在块545处,桥控制器可以从半桥切换到全桥以用于dc/dc转换和 $V_{ISO}-V_{COM}$ 的生成,并且栅极驱动器结束按照有源放电开关方案对接通晶体管和关断晶体管的控制。

[0066] 图6是电驱动系统100中的不同的波形的示意性表示。波形都被呈现为时间的函数并且跨越一窗口(window),在该窗口期间,DC链路电容器135两端的电压被有源放电。例如,在关停期间和之后不久或响应于足够严重的故障状况,波形可以跨越一短窗口。

[0067] 波形605表示启动和结束有源放电模式的信号。在图2的上下文中,有源放电控制信号可以例如通过专用于运送启动和结束有源放电模式的信号的通信线路从控制器145发送到电源205。波形610、615表示由桥控制器施加到晶体管桥中的晶体管中的两个的控制端子的电压,该晶体管桥既是全桥(在T2之前)又是半桥(在T2和T4之间)运行。波形620表示高供电轨 $V_{ISO}$  210处的电压和低轨212处的电压 $V_{COM}$ 之间的电压差。波形625表示DC链路电容器135两端的电压。波形630表示施加到IGBT 245(或参与DC链路电容器135的有源放电的其他IGBT)的控制端子的驱动电压。

[0068] 在时间T1之前,波形605指示桥控制器将使桥作为全桥运行,即,在有源放电模式之外。因此,桥控制器使晶体管桥中的晶体管作为全桥运行。例如,波形610可以呈现施加到晶体管335的控制端子的驱动信号,并且波形615可以呈现施加到晶体管345的控制端子的驱动信号。晶体管335、345交替地被切换进入传导和切换为不传导并且参与生成晶体管315两端的ac信号。如在波形620中所示出的,在高供电轨 $V_{ISO}$  210处的电压和低轨212处的电压 $V_{COM}$ 之间生成经调节的并且相对高的电压差。如在波形630中所示出的,IGBT 245(或参与DC链路电容器135的有源放电的另一个IGBT)的栅极-发射极电压被连续地上拉和下拉。如所示出的,IGBT 245的驱动不必是连续的。例如,当机动车辆是“空闲”时,不需要驱动马达130。

[0069] 在时间T1处,控制器145例如通过将波形605转变为高状态来启动有源放电模式。在所例示的实施方式中,控制器145在整个有源放电模式中将波形605保持处于高状态。用于用信号通知有源放电模式的启动和结束的信号的其他约定是可能的。

[0070] 在延迟之后,电桥控制器开始使桥作为半桥运行,即,在有源放电模式下。由波形610驱动的桥中的晶体管被保持处于传导,而由波形615驱动的晶体管被保持为不传导。桥中的其他晶体管可以类似于在T1之前接通波形610、615的方式交替地被切换。

[0071] 响应于切换到作为半桥运行,由dc/dc转换器生成的电压(即,高供电轨 $V_{ISO}$  210处的电压和低轨212处的电压 $V_{COM}$ 之间的电压差)的量值减小。这也使高供电轨 $V_{ISO}$  210处的电压和中间输出215处的电压 $V_{EB}$ 之间的电压差——即,IGBT 245或参与DC链路电容器135的有源放电的另一个IGBT的电压的栅极-发射极电压——减小。

[0072] 到时间T3,由dc/dc转换器生成的电压已经下降到欠压电平640以下。在一些实施方式中,欠压电平640可以在有源放电模式下和在其他(例如,运行)模式下保持相同。可以依赖相同的功能并且不需要dc/dc转换器的修改或附加的部件。

[0073] 在由dc/dc转换器生成的电压在T3处已经下降到欠压电平640以下之后,用一系列脉冲635脉冲地驱动IGBT的栅极-发射极电压——即,波形630,所述脉冲635各自仅足以使用有限的跨导将IGBT 245偏置进入传导。DC链路电容器135两端的电压——即,波形625——放电。随后,在时间T4处,DC链路电容器135两端的电压已经下降到可以结束使用脉

冲635的有源放电的足够低的电平。控制器145例如通过将波形605转变为低状态来用信号通知有源放电模式的结束。

[0074] 在有源放电模式已经结束之后,车辆可以例如完全关停或甚至重新启动运行。例如,为了关停,桥控制器可以允许晶体管桥的运行结束。通常,由于其他部件的功耗,DC链路电容器135两端的电压可以随着时间的过去继续下降。替代地,为了重新启动,桥控制器可以恢复使桥作为全桥运行。

[0075] 如上文所讨论的,波形605、610、615、620、625、630仅在关停期间和之后不久或响应于足够严重的故障状况跨越一短窗口。

[0076] 对本发明的所例示的实施例的以上描述,包括摘要中所描述的内容,并非意在是穷举的或是对所公开的确切形式的限制。虽然出于例示性目的在本文中描述了用于本发明的具体实施方案和实施例,但是在不脱离本发明的更广泛的精神和范围的情况下,各种同等改型是可能的。实际上,应理解,提供具体示例电压、电流、频率、功率范围值、时间等是用于解释的目的,并且根据本发明的教导,也可以在其他实施方案和实施例中采用其他值。例如,不是控制逆变器中的功率开关的阻抗输出特性,连接到轨110、115的dc/dc转换器中的功率开关的阻抗输出特性可以被控制并且被用来使DC链路电容器135放电。这样的dc/dc转换器可以被用来向车辆中的其他部件供应电力。

[0077] 鉴于上文详细的描述,可以对本发明的实施例进行这些改型。以下权利要求中所使用的术语不应被解释为将本发明限制到说明书和权利要求书中所公开的具体实施方案。而是,范围将完全由以下权利要求确定,这些权利要求将根据已经确立的权利要求解释的原则进行解释。因此,本说明书和附图被认为是例示性的而不是限制性的。

[0078] 尽管在权利要求中限定了本发明,但是应理解,可以根据以下实施例替代地限定本发明:

[0079] 实施例1:一种用于车辆的电驱动系统,所述电驱动系统包括:逆变器,所述逆变器具有至少一个相支路,其中所述相支路中的第一相支路包括第一功率开关;dc/dc转换器,所述dc/dc转换器被配置为生成内部供电电压,所述内部供电电压相对于被配置为耦合到dc电源的轨上的电压被调节,其中所述dc/dc转换器被配置为将所述内部供电电压生成成为相对于所述轨上的所述电压具有相对高的电压差或相对于所述轨上的所述电压具有相对较低的电压差;以及栅极驱动通道,所述栅极驱动通道被配置为:通过在所述车辆的运行期间施加从所述内部供电电压得到的相对高的电压差来驱动所述第一功率开关进入传导,并且在指示所述车辆的关停或故障的信号之后以从所述内部供电电压得到的相对较低的电压差继续对所述第一功率开关的驱动。

[0080] 实施例2:根据实施例1所述的电驱动系统,其中所述dc/dc转换器包括:晶体管桥;以及桥控制器,所述桥控制器被耦合以接收放电命令,并且作为响应,被配置为从驱动所述晶体管桥作为全桥切换到驱动所述晶体管桥作为半桥。

[0081] 实施例3:根据实施例1或2所述的电驱动系统,其中所述栅极驱动通道被配置为在指示所述车辆的关停或故障的所述信号之后脉冲地驱动所述第一功率开关。

[0082] 实施例4:根据实施例3所述的电驱动系统,其中所述栅极驱动通道被配置为在相对于使并联耦合于所述逆变器的所述相支路的电容放电所需的时间所定义的时间窗口内脉冲地驱动所述第一功率开关。

[0083] 实施例5:根据实施例1至4中的任一个所述的电驱动系统,其中所述dc/dc转换器还包括:电容器;以及变压器,所述变压器具有输入绕组和输出绕组,其中所述电容器耦合到所述变压器的所述输入绕组。

[0084] 实施例6:根据实施例1至5中的一个所述的电驱动系统,其中:所述相支路中的所述第一相支路包括第二功率开关;并且所述栅极驱动通道还被配置为在所述时间窗口内驱动所述第二功率开关。

[0085] 实施例7:根据实施例6所述的电驱动系统,其中所述栅极驱动通道被配置为在所述时间窗口内以比所述第一功率开关的跨导更高的跨导来驱动所述第二功率开关。

[0086] 实施例8:一种车辆,所述车辆包括实施例1至7中的任一个所述的电驱动系统。

[0087] 实施例9:一种控制系统,所述控制系统被配置为控制包括第一端子、第二端子和控制端子的功率开关,其中所述功率开关的所述第一端子和第二端子之间的传导响应于所述控制端子上的电压与所述第二端子上的电压之间的差,其中所述控制系统包括:供电电容器,所述供电电容器耦合在所述控制系统的正轨和负轨之间;dc/dc转换器,所述dc/dc转换器被配置为检测所述控制系统中的放电命令,其中所述放电命令启动所述供电电容器的有源放电,所述dc/dc转换器被配置为从生成具有相对较高的电压差的内部供电电压切换到生成具有相对较低的电压差的所述供电电压,其中所述dc/dc转换器被配置为输出指示所述内部供电电压下降到阈值以下的信号;以及开关控制器,所述开关控制器被耦合以接收指示所述内部供电电压下降到阈值以下的所述信号,其中所述开关控制器被配置为响应于指示所述内部供电电压下降到所述阈值以下的所述信号而基于具有相对较低的电压差的所述供电电压控制所述控制端子上的电压和所述第二端子上的电压之间的差。

[0088] 实施例10:根据实施例9所述的控制系统,其中所述dc/dc转换器包括:晶体管桥;以及桥控制器,所述桥控制器被耦合以接收所述放电命令,并且作为响应,被配置为从驱动所述晶体管桥作为全桥切换到驱动所述晶体管桥作为半桥。

[0089] 实施例11:根据实施例9到10中的一个所述的控制系统,其中所述放电命令是关停命令。

[0090] 实施例12:根据实施例9-11中的一个所述的控制系统,其中所述开关控制器被配置为接收高电平命令并且将所述高电平命令转换为开关模式以用于控制所述控制端子上的电压和所述第二端子上的电压之间的差。

[0091] 实施例13:根据实施例9-12中的一个所述的控制系统,其中所述dc/dc转换器被配置为输出欠压信号以指示所述内部供电电压下降到所述阈值以下。

[0092] 实施例14:根据实施例9-13中的一个所述的控制系统,其中所述功率开关是具有多个相支路的逆变器的一个相支路的一部分。

[0093] 实施例15:一种车辆,所述车辆包括根据实施例9至14中的任一个所述的控制系统。

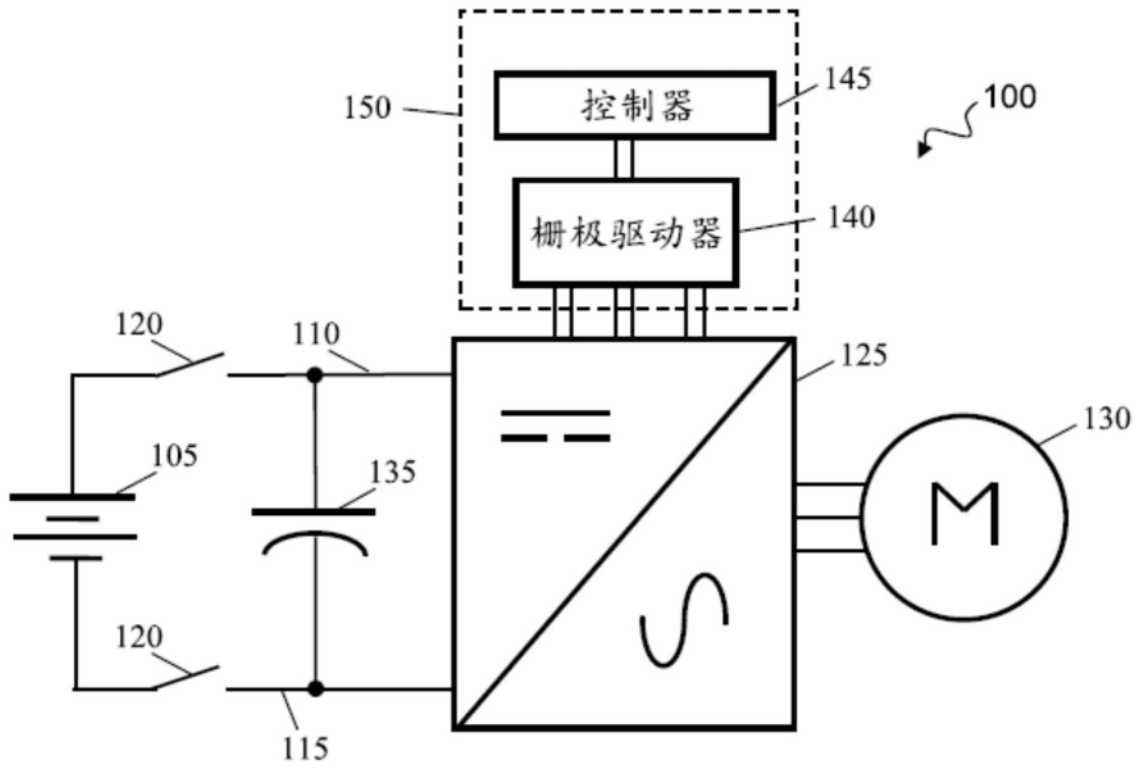


图1



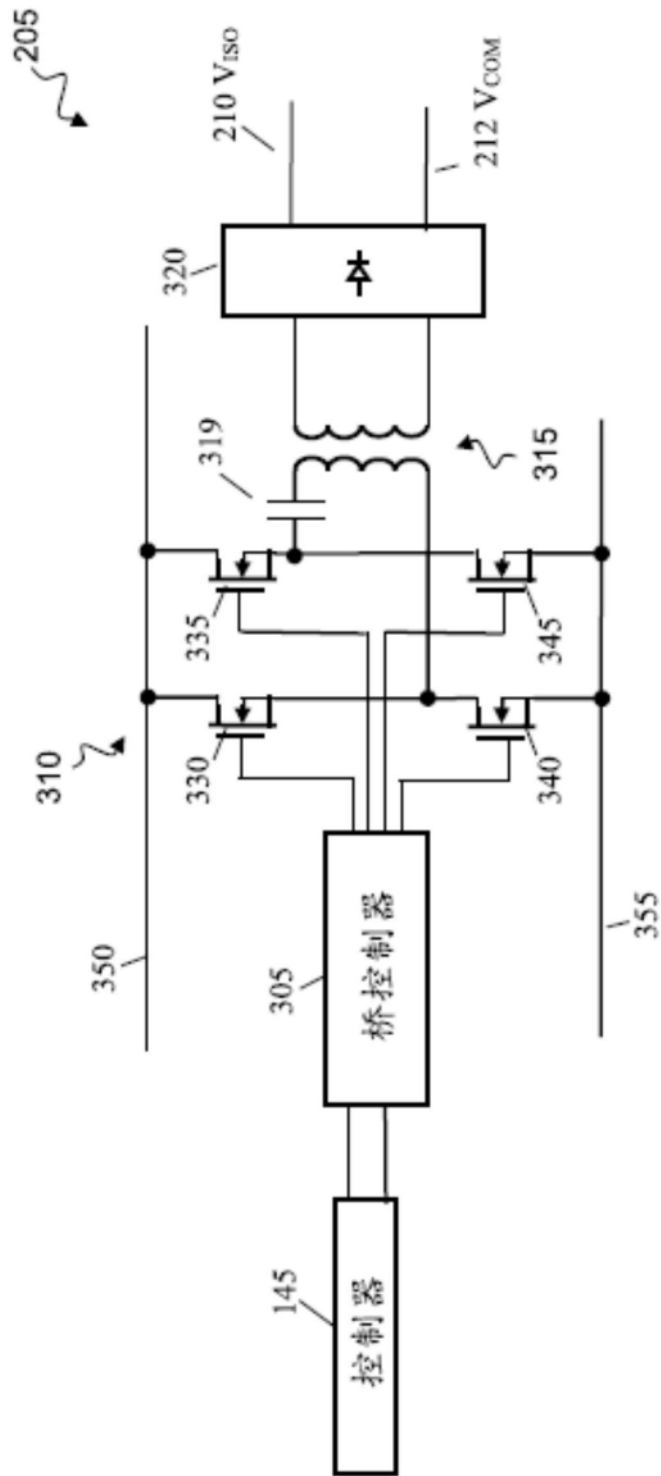


图3

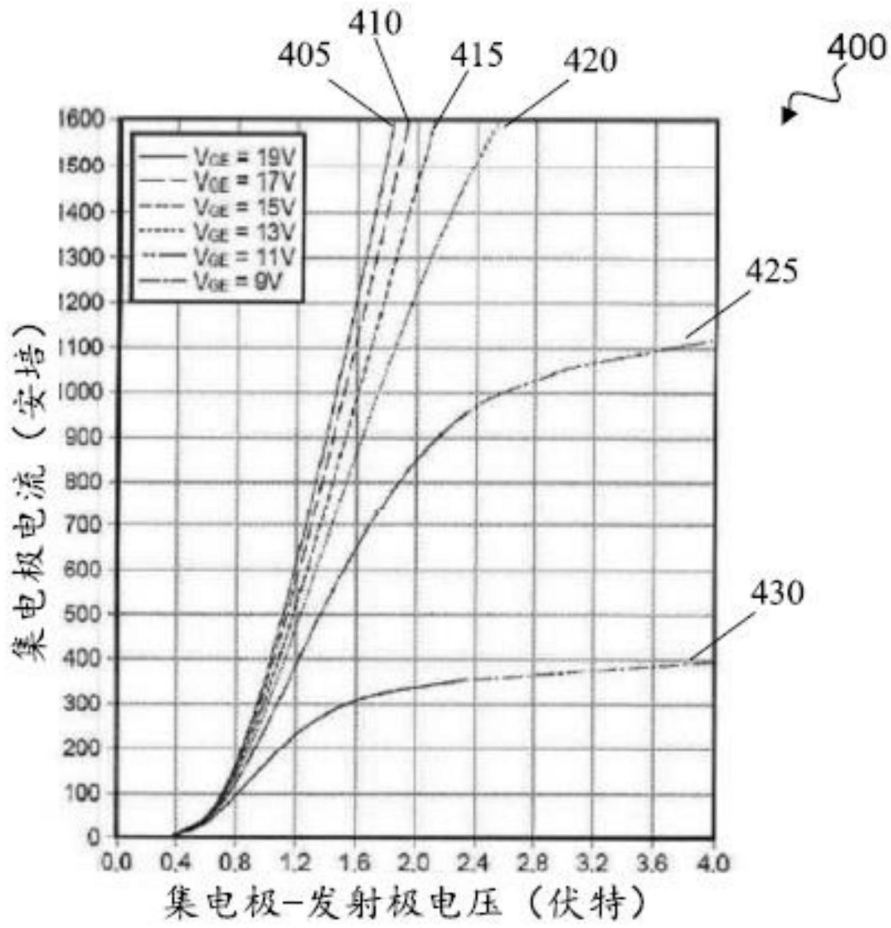


图4



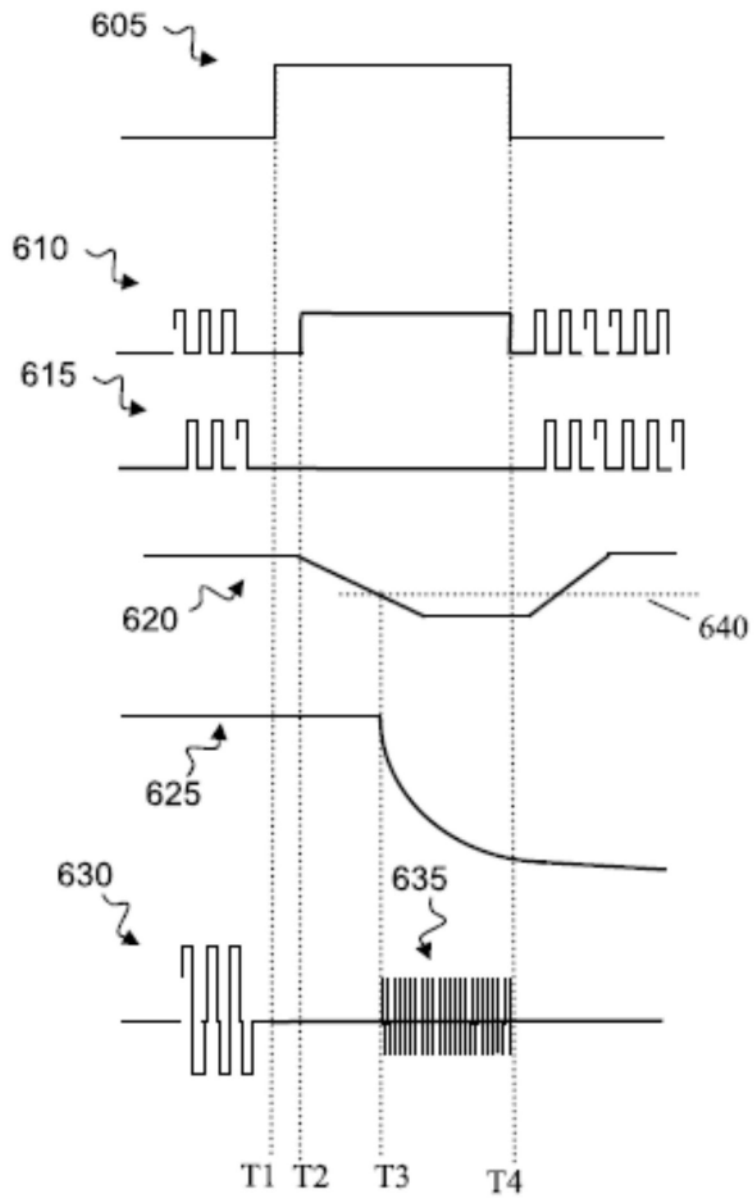


图6