



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108462189 B

(45) 授权公告日 2024. 05. 24

(21) 申请号 201810116747.1

(22) 申请日 2018.02.06

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108462189 A

(43) 申请公布日 2018.08.28

(30) 优先权数据
15/435,667 2017.02.17 US

(73) 专利权人 福特全球技术公司
地址 美国密歇根州迪尔伯恩市

(72) 发明人 邹轲 陈清麒

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286
专利代理师 王秀君 鲁恭诚

(51) Int.Cl.

H02J 3/18 (2006.01)

(56) 对比文件

- JP H10337087 A, 1998.12.18
- US 2013069492 A1, 2013.03.21
- US 2006227483 A1, 2006.10.12
- CN 101465607 A, 2009.06.24
- CN 101635529 A, 2010.01.27
- CN 103078590 A, 2013.05.01
- CN 101902199 A, 2010.12.01
- CN 103094918 A, 2013.05.08
- CN 102810987 A, 2012.12.05
- CN 105490510 A, 2016.04.13

审查员 刘绍涛

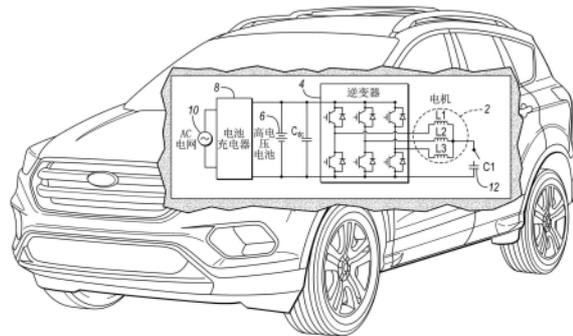
权利要求书2页 说明书12页 附图8页

(54) 发明名称

用于车辆的动力传动系统和控制动力传动系统的方法

(57) 摘要

本发明涉及用于混合动力驱动系统的纹波减小的逆变器。一种用于车辆的动力传动系统包括Y形绕组电机和控制器。所述电机与逆变器连接。所述控制器被配置为：响应于车辆与AC电网之间的电连接，将电容器连接在所述电机的中性端子与所述逆变器的负极端子之间，以吸收来自所述AC电网的无功功率。



1. 一种用于车辆的动力传动系统,包括:
电池;
Y形绕组电机,与逆变器连接;
控制器,被配置为:响应于电池与AC电网之间的导致利用来自AC电网的能量给电池充电的电连接,闭合开关以将电容器连接在所述电机的中性端子与所述逆变器的负极端子之间,并且对所述逆变器的开关进行调制,以吸收与所述能量相关联的无功功率。
2. 如权利要求1所述的动力传动系统,其中,当所述电机在推进模式或发电模式下操作时,所述电容器被连接在所述电机的负极端子与正极端子之间。
3. 如权利要求1所述的动力传动系统,其中,控制器还被配置为:对所述逆变器的开关进行调制,以平衡通过所述电机的绕组和所述电容器的无功功率。
4. 如权利要求3所述的动力传动系统,其中,所述逆变器的开关包括高侧开关和低侧开关,并且控制器还被配置为:同等地调制所有高侧开关,并且同等地调制所有低侧开关。
5. 如权利要求1所述的动力传动系统,其中,所述Y形绕组电机为Y形绕组三相电机。
6. 一种控制动力传动系统的方法,包括:
响应于AC电网与包含所述动力传动系统的电动车辆之间的导致利用来自AC电网的能量给所述动力传动系统的电池充电的电连接,根据与所述能量相关联的无功功率对逆变器的开关进行调制,以在所述动力传动系统的Y形绕组电机中感应出场,从而吸收所述无功功率的一部分。
7. 如权利要求6所述的方法,还包括:响应于所述电连接,闭合开关以将电容器连接在所述电机的中性端子与所述逆变器的负极端子之间。
8. 如权利要求7所述的方法,还包括:响应于所述电连接的终止,断开开关以将所述电容器从所述中性端子与所述负极端子之间断开连接。
9. 如权利要求6所述的方法,其中,所述逆变器的开关包括高侧开关和低侧开关,所有高侧开关被一起调制,并且所有低侧开关被一起调制。
10. 一种用于车辆的动力传动系统,包括:
电池;
Y形绕组电机,与逆变器连接;
控制器,被配置为:响应于电池与AC电网之间的导致利用来自AC电网的能量给电池充电的电连接,对所述逆变器的开关进行调制以使电流在所述电机中流动,从而在所述电机的至少一个绕组中吸收与所述能量相关联的无功功率。
11. 如权利要求10所述的动力传动系统,其中,所述电机中的电流感应出所述电机的瞬态转矩,所述瞬态转矩在由预定数量的周期限定的时间段内被抵消,所述开关被调制为使得稳态转矩为零。
12. 如权利要求10所述的动力传动系统,其中,所述至少一个绕组是至少两个绕组。
13. 如权利要求10所述的动力传动系统,其中,控制器还被配置为:响应于所述电连接,闭合开关以将电容器连接在所述电机的中性端子与所述逆变器的负极端子之间。
14. 如权利要求13所述的动力传动系统,其中,当所述电机在推进模式或发电模式下操作时,所述电容器被连接在所述电机的正极端子与所述电机的负极端子之间。
15. 如权利要求14所述的动力传动系统,其中,控制器还被配置为:对所述逆变器的开

关进行调制,以平衡通过所述电机的绕组和所述电容器的无功功率。

16. 如权利要求15所述的动力传动系统,其中,所述开关包括高侧开关和低侧开关,并且控制器还被配置为:同等地调制所有高侧开关,并且同等地调制所有低侧开关。

17. 如权利要求10所述的动力传动系统,其中,所述Y形绕组电机为Y形绕组三相电机。

用于车辆的动力传动系统和控制动力传动系统的方法

技术领域

[0001] 本申请总体上涉及一种被配置为减小在电动车辆通过交流 (AC) 电网进行充电期间的纹波电流的电机和逆变器系统。

背景技术

[0002] 电气化车辆 (包括混合动力电动车辆 (HEV) 和电池电动车辆 (BEV)) 依靠牵引电池向用于推进的牵引马达提供电力, 并且依靠牵引电池和牵引马达之间的电力逆变器将直流 (DC) 电力转换为交流 (AC) 电力。典型的 AC 牵引马达是三相马达, 三相马达可由 3 个正弦信号提供电力, 所述 3 个正弦信号中的每个以 120 度的相位分离被驱动。牵引电池被配置为在特定电压范围内操作, 并提供最大电流。牵引电池可选地被称作高电压电池。然而, 电机的改善的性能可通过在不同的电压范围内 (通常在高于牵引电池的端电压的电压) 进行操作来实现。同样, 用于驱动车辆电机的电流需求通常被称作高电流。

[0003] 此外, 很多电气化车辆包括 DC-DC 转换器 (还被称作可变电压转换器 (VVC)), 以将牵引电池的电压转换为电机的操作电压水平。可包括牵引马达和发电机的电机可能需要高电压和高电流。由于电压和电流的需求, 电池模块和电力电子模块通常连续通信。

发明内容

[0004] 一种用于车辆的动力传动系统包括 Y 形绕组电机和控制器。所述电机与逆变器连接。所述控制器被配置为: 响应于车辆与 AC 电网之间的电连接, 将电容器连接在所述电机的中性端子与所述逆变器的负极端子之间, 以吸收来自所述 AC 电网的无功功率。

[0005] 一种控制动力传动系统的方法包括: 响应于 AC 电网与包含所述动力传动系统的电动车辆之间的电连接, 根据来自 AC 电网的无功功率对逆变器的开关进行调制, 以在所述动力传动系统的 Y 形绕组电机中感应出场, 从而吸收所述无功功率的一部分。

[0006] 一种用于车辆的动力传动系统包括 Y 形绕组电机和控制器。所述电机与逆变器连接。所述控制器被配置为: 响应于车辆与 AC 电网之间的电连接, 对所述逆变器的开关进行调制以使电流在所述电机中流动, 从而在所述电机的至少一个绕组中吸收来自 AC 电网的无功功率。

附图说明

[0007] 图 1 是具有电机和逆变器系统的电气化车辆的示图, 其中, 所述电机和逆变器系统被配置为减小在电动车辆通过 AC 电网进行充电期间的纹波电流。

[0008] 图 2 是示出典型的传动系和能量储存组件的混合动力车辆的示图, 其中, 能量储存组件包括 AC 电网充电组件。

[0009] 图 3 是电力电子模块的电力逆变器的示意图。

[0010] 图 4 是包括 AC 电网充电器、牵引电池以及具有平衡电容器的逆变器/马达的混合动力车辆动力传动系统的示图。

- [0011] 图5是AC充电期间的用于混合动力车辆的逆变器信号流的框图。
- [0012] 图6是混合动力车辆的AC充电期间的充电组件和动力传动系统组件的AC特性的图形示图。
- [0013] 图7是包括AC电网充电器、牵引电池以及被配置为在充电期间对功率进行平衡的逆变器/马达的混合动力车辆动力传动系统的示图。
- [0014] 图8是混合动力车辆的AC充电期间的充电组件和动力传动系统组件的AC特性的图形示图。
- [0015] 图9是用于将无功功率引导至平衡电容器的逆变器的控制系统的流程图。

具体实施方式

[0016] 在此描述本公开的实施例。然而,应理解的是,所公开的实施例仅为示例,并且其它实施例可采用各种形式和替代形式。附图不必按比例绘制;可夸大或最小化一些特征以示出特定组件的细节。因此,在此公开的具体结构和功能细节不应被解释为限制,而仅作为用于教导本领域技术人员以多种形式利用本发明的代表性基础。如本领域普通技术人员将理解的是,参考任一附图示出和描述的各种特征可与在一个或多个其它附图中示出的特征组合,以产生未明确示出或描述的实施例。示出的特征的组合提供用于典型应用的代表实施例。然而,与本公开的教导一致的特征的各种组合和变型可被期望用于特定的应用或实施方式。

[0017] 用于电动车辆的单相交流(AC)充电器通常传递各种频率下的AC纹波。通常,最显著的频率分量是两倍于电网频率或线路频率的分量,电网输入功率具有脉冲形状,所述脉冲形状具有直流偏移(Pin_dc)、两倍于线路频率的大的AC分量以及大小为2的峰峰值(Pin_dc)。该功率纹波在电池侧上产生两倍于电网频率的纹波电流,使得可能需要额外的电路来保护电池。此外,也存在其它频率(诸如,由于电网畸变(grid distortion)而产生的不同阶次的谐波、充电器的半导体开关的开关频率)的纹波电流。为了滤除这些纹波,在充电器中需要大的直流侧电容器(dc-link capacitor)。该大容量电容器增加了充电器的成本、体积和重量。

[0018] 因为电动车辆在AC电网充电期间不运动,所以其电动驱动系统(例如,动力传动系统或电驱动系统(E-drive system))通常与电池断开连接,所述电动驱动系统包括牵引驱动逆变器和电机。这里,提出了一种设备和方法,所述设备和方法利用电驱动系统,并且在充电期间将电驱动系统作为低频电流补偿器来操作。公开了一种包括电容器的动力传动系统,所述电容器被选择性地连接在Y形绕组电机的中性端子与马达逆变器的负极端子之间。在另一实施例中,动力传动系统的控制器被配置为:在AC电网充电期间,以比线路频率大的频率对逆变器的开关进行调制,以使电流流过电机的一个相绕组,使得电流经由电机的不同的相绕组而返回。

[0019] 图1描绘了示出内部电动动力传动系统组件的混合动力电动车辆,所述内部电动动力传动系统组件被配置为:当经由与AC电网10连接的电池充电器8给高电压牵引电池6充电时,通过操作电机逆变器4使电流流过电机2的绕组。在一个实施例中,控制器(例如,电机逆变器控制器)可选择性地将电容器12接合或连接在电机的中性端子与电机逆变器的负极端子之间。此外,控制器可以以比线路频率大的频率对电机逆变器的开关进行调制,以基于

线路频率以及线路频率的谐波来减小纹波电流。这里,控制器(例如,电机逆变器控制器)可选择性地调制逆变器4的开关,以吸收来自AC电网10的无功能量。可进行逆变器4的开关的调制,以吸收电容器12和/或电机2的电感绕组中的无功能量。

[0020] 图2描绘了可被称作插电式混合动力电动车辆(PHEV)的电气化车辆112。插电式混合动力电动车辆112可包括机械地连接至混合动力传动装置116的一个或更多个电机114。电机114能够作为马达或发电机运转。此外,混合动力传动装置116机械地连接至发动机118。混合动力传动装置116还机械地连接至驱动轴120,驱动轴120机械地连接至车轮122。电机114能在发动机118启动或关闭时提供推进和减速能力。电机114还可用作发电机,并且能够通过回收在摩擦制动系统中通常将作为热损失掉的能量来提供燃料经济性效益。电机114还可通过允许发动机118以更高效的转速运转并允许混合动力电动车辆112在特定状况下以发动机118关闭的电动模式运转,而减少车辆排放。电气化车辆112还可以是电池电动车辆(BEV)。在BEV配置中,发动机118可不存在。在其它配置中,电气化车辆112可以是没有插电能力的全混合动力电动车辆(FHEV)。

[0021] 牵引电池或电池组124储存可被电机114使用的能量。车辆电池组124可提供高电压直流电(DC)输出。牵引电池124可电连接至一个或更多个电力电子模块126。一个或更多个接触器142可在断开时将牵引电池124与其它组件隔离,并且可在闭合时将牵引电池124连接到其它组件。电力电子模块126还电连接至电机114,并提供在牵引电池124与电机114之间双向传输能量的能力。例如,牵引电池124可提供DC电压,而电机114可使用三相交流电(AC)来运转。电力电子模块126可将DC电压转换为三相AC电流来运转电机114。在再生模式下,电力电子模块126可将来自用作发电机的电机114的三相AC电流转换为与牵引电池124兼容的DC电压。

[0022] 车辆112可包括在牵引电池124和电力电子模块126之间电连接的可变电压转换器(VVC)152。VVC 152可以是配置为增大或升高由牵引电池124提供的电压的DC/DC升压转换器。通过增大电压,电流需求可被降低,从而导致电力电子模块126和电机114的布线尺寸减小。此外,电机114可在较高的效率和较低的损耗下运转。

[0023] 牵引电池124除了提供用于推进的能量之外,还可为其它车辆电力系统提供能量。车辆112可包括DC/DC转换模块128,DC/DC转换模块128将牵引电池124的高电压DC输出转换成与低电压车辆负载兼容的低电压DC供应。DC/DC转换模块128的输出可电连接至辅助电池130(例如,12V电池),以用于为辅助电池130充电。低电压系统可电连接至辅助电池130。一个或更多个电负载146可连接至高电压总线。电负载146可具有相关联的控制器,所述控制器适时地操作和控制电负载146。电负载146的示例可以是风扇、电加热元件和/或空调压缩机。

[0024] 电气化车辆112可被配置为通过外部电源136对牵引电池124进行再充电。外部电源136可连接到电插座。外部电源136可电连接至充电器或电动车辆供电设备(EVSE)138。外部电源136可以是由公共电力公司提供的配电网或电网。EVSE 138可提供电路和控制,以调节和管理电源136与车辆112之间的能量传输。外部电源136可向EVSE 138提供DC电力或AC电力。EVSE 138可具有用于插入到车辆112的充电端口134中的充电连接器140。充电端口134可以是配置为从EVSE 138向车辆112传输电力的任意类型的端口。充电端口134可电连接至充电器或车载电力转换模块132。电力转换模块132可对从EVSE 138供应的电力进行

调节,以向牵引电池124提供合适的电压水平和电流水平。电力转换模块132可与EVSE 138进行接口连接,以协调对车辆112的电力传输。EVSE连接器140可具有与充电端口134的相应凹槽匹配的引脚。可选地,被描述为电耦合或电连接的各种组件可使用无线电感耦合来传输电力。

[0025] 可提供一个或多个车轮制动器144,以使车辆112减速并阻止车辆112移动。车轮制动器144可以是液压致动的、电致动的或者它们的某种组合。车轮制动器144可以是制动系统150的一部分。制动系统150可包括用于操作车轮制动器144的其它组件。为简单起见,附图描绘了制动系统150与车轮制动器144中的一个之间的单一连接。制动系统150和其它车轮制动器144之间的连接被隐含。制动系统150可包括控制器,以监测和协调制动系统150。制动系统150可监测制动组件并控制车轮制动器144以使车辆减速。制动系统150可对驾驶员命令做出响应,并且还自主运转以实现诸如稳定性控制的功能。当被另一控制器或子功能请求时,制动系统150的控制器可实现施加被请求的制动力的方法。

[0026] 车辆112中的电子模块可经由一个或多个车辆网络通信。车辆网络可包括用于通信的多个信道。车辆网络的一个信道可以是诸如控制器局域网(CAN)的串行总线。车辆网络的信道中的一个可包括由电气与电子工程师协会(IEEE) 802标准族定义的以太网。车辆网络的其它信道可包括模块之间的离散连接,并且可包括来自辅助电池130的电力信号。不同的信号可通过车辆网络的不同信道进行传输。例如,视频信号可通过高速信道(例如,以太网)进行传输,而控制信号可通过CAN或离散信号进行传输。车辆网络可包括协助在模块之间传输信号和数据的任何硬件组件和软件组件。车辆网络没有在图1中示出,但是可隐含了车辆网络可连接到在车辆112中存在的任何电子模块。可存在车辆系统控制器(VSC) 148来协调各个组件的操作。

[0027] 通常,VVC 152被配置为升压转换器。VVC 152可包括可通过接触器142连接至牵引电池124的端子的输入端子。VVC 152可包括连接至电力电子模块126的端子的输出端子。VVC 152可被操作为使输出端子处的电压高于输入端子处的电压。车辆112可包括监测和控制VVC 152中的多个位置处的电参数(例如电压和电流)的VVC控制器。在一些配置中,VVC控制器可被包括为VVC 152的一部分。VVC控制器可确定输出电压基准 V_{dc}^* 。VVC控制器可基于电参数和电压基准 V_{dc}^* 确定足够使VVC 152实现期望的输出电压的控制信号。在一些配置中,控制信号可被实现为脉冲宽度调制(PWM)信号,其中,PWM信号的占空比是变化的。控制信号可在预定开关频率下被操作。VVC控制器可使用控制信号命令VVC 152提供期望的输出电压。操作VVC 152的特定控制信号可与由VVC 152提供的电压升高量直接相关。

[0028] 参照图2,VVC 152可升高或“提高”(step up)由牵引电池124提供的电力的电势。牵引电池124可提供高电压(HV) DC电力。在一些配置中,牵引电池124可提供150伏特和400伏特之间的电压。接触器142可串联电连接在牵引电池124和VVC 152之间。当接触器142闭合时,HV DC电力可从牵引电池124被传输到VVC 152。输入电容器可与牵引电池124并联电连接。输入电容器可稳定总线电压并减小任何纹波电压和纹波电流。VVC 152可接收HV DC电力,并根据占空比升高或“提高”输入电压的电势。通常,输出电容器电连接在VVC 152的输出端子与电力电子模块126的输入之间,以稳定总线电压并减小VVC 152的输出处的纹波电压和纹波电流。

[0029] 参照图3,系统300被提供用于控制电力电子模块(PEM)126。图3的PEM 126被示出为包括多个开关302(例如,IGBT),所述多个开关302被配置为共同操作为具有第一相桥(phase leg)316、第二相桥318和第三相桥320的逆变器。尽管逆变器被示出为三相转换器,但是逆变器可包括额外的相桥。例如,逆变器可以是四相转换器、五相转换器、六相转换器等。此外,PEM 126可包括多个转换器,PEM 126中的每个逆变器包括三个或更多个相桥。例如,系统300可控制PEM 126中的两个或更多个逆变器。PEM 126还可包括具有高功率开关(例如,IGBT)的DC至DC转换器,以经由升压、降压或它们的组合将电力电子模块输入电压转换为电力电子模块输出电压。

[0030] 如图3所示,逆变器可以是DC至AC转换器。在操作中,DC至AC转换器通过DC总线304从DC电力链路(power link)306接收DC电力,并将DC电力转换为AC电力。AC电力经由相电流 i_a 、 i_b 和 i_c 被传输,以驱动AC电机,所述AC电机也被称作电机114(诸如图3中描绘的三相永磁同步马达(PMSM))。在这个示例中,DC电力链路306可包括DC蓄电池,以向DC总线304提供DC电力。在另一示例中,逆变器可操作为将来自AC电机114(例如,发电机)的AC电力转换为DC电力的AC至DC转换器,其中,DC总线304可将DC电力提供至DC电力链路306。此外,系统300可控制其它电力电子拓扑结构中的PEM 126。

[0031] 继续参照图3,逆变器中的相桥316、318和320中的每个均包括电力开关302,电力开关302可由多种类型的可控开关来实现。在一个实施例中,每个电力开关302可包括二极管和晶体管(例如,IGBT)。图3中的二极管被标记为 D_{a1} 、 D_{a2} 、 D_{b1} 、 D_{b2} 、 D_{c1} 和 D_{c2} ,而图3的IGBT分别被标记为 S_{a1} 、 S_{a2} 、 S_{b1} 、 S_{b2} 、 S_{c1} 和 S_{c2} 。电力开关 S_{a1} 、 S_{a2} 、 D_{a1} 和 D_{a2} 是三相转换器的相桥A的一部分,相桥A在图3中被标记为第一相桥A316。类似地,电力开关 S_{b1} 、 S_{b2} 、 D_{b1} 和 D_{b2} 是三相转换器的相桥B 318的一部分,电力开关 S_{c1} 、 S_{c2} 、 D_{c1} 和 D_{c2} 是三相转换器的相桥C 320的一部分。逆变器可根据逆变器的特定构造而包括任意数量的电力开关302或电路元件。二极管(D_{xx})与IGBT(S_{xx})并联连接,然而,由于为了适当的操作,极性是相反的,因此该构造通常被称作反向并联连接。这种反向并联构造中的二极管还被称作续流二极管。

[0032] 如图3所示,设置电流传感器 CS_a 、 CS_b 和 CS_c 以分别感测相桥316、318和320中的电流。图3示出了与PEM 126分离的电流传感器 CS_a 、 CS_b 和 CS_c 。然而,根据PEM 126的构造,电流传感器 CS_a 、 CS_b 和 CS_c 可被集成为PEM 126的一部分。图3中的电流传感器 CS_a 、 CS_b 和 CS_c 被安装成分别与相桥A、B和C(即,图3中的相桥316、318和320)串联,并分别提供用于系统300的反馈信号 i_{as} 、 i_{bs} 和 i_{cs} (也在图3中示出)。反馈信号 i_{as} 、 i_{bs} 和 i_{cs} 可以由逻辑器件(LD)310处理的原始电流信号,或者可被嵌入关于分别流过相桥316、318和320的电流的数据或信息,或者可与所述数据或信息一起被编码。此外,电力开关302(例如,IGBT)可包括电流感测能力。电流感测能力可包括被配置有可提供表示 i_{as} 、 i_{bs} 和 i_{cs} 的数据或信号的电流镜像输出。所述数据或信号可指示分别流过相桥A、B和C的电流的方向、幅值或者方向和幅值两者。

[0033] 再次参照图3,系统300包括逻辑器件(LD)或控制器310。控制器或LD 310可由多种类型的电子装置和/或基于微处理器的计算机或控制器或者它们的组合来实现。为了实现控制PEM 126的方法,控制器310可执行被嵌入有或编码有所述方法并且被存储在易失性存储器312和/或永久性存储器312中的计算机程序或算法。可选地,逻辑可被编码到离散逻辑、微处理器、微控制器或存储在一个或更多个集成电路芯片上的逻辑阵列或门阵列中。如图3中的实施例所示,控制器310接收并处理反馈信号 i_{as} 、 i_{bs} 和 i_{cs} 以控制相电流 i_a 、 i_b 和 i_c ,

使得相电流 i_a 、 i_b 和 i_c 根据多种电流模式或电压模式流过相桥316、318和320并进入电机114的对应的绕组。例如,电流模式可包括流进和流出DC总线304或DC总线电容器308的相电流 i_a 、 i_b 和 i_c 的模式。图3中的DC总线电容器308被示出为与PEM 126分离。然而,DC总线电容器308可被集成为PEM 126的一部分。

[0034] 如图3所示,诸如计算机可读存储器的存储介质312(以下称为“存储器”)可存储被嵌入有或编码有所述方法的计算机程序或算法。此外,存储器312可存储关于PEM 126中的各种操作状况或组件的数据或信息。例如,存储器312可存储关于流过各个相桥316、318和320的电流的数据或信息。如图3所示,存储器312可以是控制器310的一部分。然而,存储器312可被布置在控制器310可访问的任何合适的位置。

[0035] 如图3所示,控制器310向电力转换器系统126发送至少一个控制信号236。电力转换器系统126接收控制信号236以控制逆变器的开关配置,从而控制流过各个相桥316、318和320的电流。所述开关配置是逆变器中的电力开关302的开关状态的集合。一般而言,逆变器的开关配置确定逆变器如何转换DC电力链路306和电机114之间的电力。

[0036] 为了控制逆变器的开关配置,逆变器基于控制信号236将逆变器中的每个电力开关302的开关状态改变为导通状态或截止状态。在示出的实施例中,为了将电力开关302切换到导通状态或截止状态,控制器或LD 310向每个电力开关302提供栅极电压(Vg),从而驱动每个电力开关302的开关状态。栅极电压 $V_{g_{a1}}$ 、 $V_{g_{a2}}$ 、 $V_{g_{b1}}$ 、 $V_{g_{b2}}$ 、 $V_{g_{c1}}$ 和 $V_{g_{c2}}$ (在图3中示出)控制各个的电力开关302的开关状态和特性。虽然逆变器在图3中被示出为电压驱动的装置,但是逆变器也可以是电流驱动的装置,或者可由将电力开关302在导通状态和截止状态之间进行切换的其它策略来控制。控制器310可基于电机114的转速、镜像电流或IGBT开关的温度来改变每个IGBT的栅极驱动。栅极驱动的变化可根据多个栅极驱动电流被选择,在所述多个栅极驱动电流中,栅极驱动电流的变化与IGBT开关速度的变化成比例。

[0037] 还如图3所示,相桥316、318和320中的每个包括两个开关302。然而,在相桥316、318和320中的每个中仅有一个开关可以处于导通状态而不会使DC电力链路306短路。因此,在每个相桥中,下方开关的开关状态通常与对应的上方开关的开关状态相反。上方开关通常被称为高侧开关(即,302A、302B、302C),下方开关通常被称为低侧开关(即,302D、302E、302F)。因此,相桥的高状态指的是相桥中的上方开关处于导通状态并且下方开关处于截止状态。类似地,相桥的低状态指的是相桥的上方开关处于截止状态并且下方开关处于导通状态。其结果是,具有电流镜像能力的IGBT可以是所有IGBT、IGBT的子集(例如, S_{a1} 、 S_{b1} 、 S_{c1})或单个IGBT。

[0038] 在图3中示出的三相转换器示例的激活状态期间会出现两种情况:(1)两个相桥处于高状态,而第三个相桥处于低状态,或者(2)一个相桥处于高状态,而另外两个相桥处于低状态。因此,三相转换器中的一个相桥(可被定义为逆变器的特定激活状态的“参考”相)处于与另外两个具有相同状态的相桥(或者“非参考”相)的状态相反的状态。因此,非参考相在逆变器的激活状态期间均处于高状态或者均处于低状态。

[0039] 固态器件(SSD)(诸如,绝缘栅双极结型晶体管(IGBT)、金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)或双极结型晶体管(BJT))广泛用于各种汽车和工业应用(诸如,电动马达驱动、电力逆变器、DC-DC转换器和电力模块)。IGBT和MOSFET的操作是电压控制的,其中,所述IGBT和MOSFET的操作基于施加到IGBT或MOSFET的栅极的电压,而BJT的操作是电流控制

的,其中,所述BJT的操作基于施加到BJT的基极的电流。这里,SSD或高电力继电器的使用可用于控制、改变或调节车辆的电池与电机之间的电流。

[0040] 图4是包括电机402的混合动力车辆动力传动系统400的示图,电机402可被配置为提供扭矩以驱动车辆的车轮或者通过利用车轮的旋转力来旋转电机402以产生电流。电机与电机逆变器404连接,电机逆变器404将AC电流转换为直流(DC)电流。在车辆的操作期间,高电压牵引电池406被用于提供推进力以旋转电机,并且被用于储存由电机从车轮的转动能获得的能量。当车辆未运动时,可能期望通过将电池406经由电池充电器408与AC电网410连接来增大电池406的荷电状态(SOC)。使用AC电网的一个影响是电网频率的谐波可能导致峰值电压传播到电池和动力传动系统的组件。这里,电容器412经由开关414选择性地与电机402的中性端子连接,逆变器404的开关(418A、418B、418C、420A、420B和420C)被调制使无功功率通过电机402的电感绕组416A、416B和416C。这允许流过电机的绕组的电流在通过开关414被接合时流动以被电容器412吸收。电流经由上拉开关418A、418B和418C以及下拉开关420A、420B和420C被控制,这些开关还被称作高侧开关418A、418B和418C以及低侧开关420A、420B和420C。

[0041] 电池充电器可以是由汽车工程师协会(SAE)定义的AC级别1、级别2或级别3充电器(诸如,在SAE J1772和其它SAE规范中描述的)。这里,开关(R1)414选择性地与电容器C1 412连接在电机402的中性端子与逆变器404的负极总线之间,开关414可以是继电器、IGBT、MOSFET或其它固态开关。当车辆与AC电网连接并且未运动时,电机定子绕组(即,电感器L1、L2和L3)未被激励。逆变器以大于AC电网410的线路频率的频率 f_{sw} 对开关(416和418)进行调制。频率 f_{sw} 可大于线路频率(例如,50Hz或60Hz)的二十倍(例如,1KHz、1.2KHz、2KHz、2.4KHz、5KHz或6KHz)。

[0042] 平滑电容器C1 412被用作用于吸收纹波功率的储能器件。电感器 L_m 表示电机402的绕组电感。电感 L_m 被用于将无功能量传输至电容器412,并且通常不被用作储能器件。取决于绕组(416A、416B和416C)的电感值、开关频率和低频纹波幅值,电感器可以以不连续模式或连续模式进行操作。

[0043] 三个相桥中的开关被分为两组:高侧的三个开关(418A、418B和418C)和低侧的三个开关(420A、420B和420C)。在每组内,开关可以以不同的模式进行操作。例如,在第一“并联”模式下,三个开关(例如,高侧开关或低侧开关)同时动作,使得所有高侧开关同等地被激活并且所有低侧开关同等地被激活。另一模式是“交错”模式,在“交错”模式下,三个开关(例如,高侧开关或低侧开关)分开地各自操作持续1/3开关循环。第三“选择性”模式使得在给定时间只有一个或两个开关操作。尽管已经使用三相电机来示出这一点,但是本发明不限于三相电机,这是因为本发明还可在六相电机、九相电机或其它多相电机中被实现,在所述六相电机、九相电机或其它多相电机中,平衡电容器连接在多相电机的中性端子与电机的逆变器的负极端子之间。开关的操作使得没有稳态转矩被施加到电机,这是因为由感应出的场产生的任何瞬态转矩在一些实施例中通常将相等且相反或者将被平衡,使得转矩基本上为零。例如,使相同(平衡)的电流流过电机的所有相将在电机中产生平衡的均匀场,使得产生最小的转矩或者不产生转矩。此外,开关可被调制以补偿转子位置以及逆变器的电气组件(例如,开关、二极管和连接)和电机的相(例如,416A、416B和416C)的特性的差异。

[0044] 图5是AC充电期间的用于混合动力车辆的逆变器信号流500的框图。执行逆变器的

控制,以将来自AC电网的充电操作的无功功率引导至电容器。这里,电网侧的感测项可包括电压/电流(例如, I_{ac} 和 V_{ac}),所述电压/电流可由第一控制框502(例如,AC充电器控制器)计算,以产生相信息和输入功率数据。相信息和输入功率数据可被传送到位于车辆内的第二控制框504,并且可与感测信息一起被使用,所述感测信息可包括电感器 L_m 的电流(I_{lm})和电容器的电压(V_{c1})。该控制流的输出是逆变器选通信号,所述逆变器选通信号被用于将平滑电容器(例如,平滑电容器412)连接在电机的中性端子与逆变器的负极端子之间。此外,该逆变器选通信号还可被用于控制逆变器的开关(418A、418B、418C、420A、420B和420C)。

[0045] 图6是混合动力车辆的AC充电期间的充电组件和动力传动系统组件的AC特性600相对于时间602的图形示图。输入功率604、电感器电流606和大容量DC电容器电压608相对于时间602被图形化地示出。在时间610,电流为零,同时输入DC功率等于电网功率,并且在时间612(处于1/2的电网频率),输入功率为零,同时电流处于最小值。输入功率、电感器电流和电容器电压的这些波形(仅示出DC分量和两倍于电网频率的分量)是同周期的。在该测量期间,电池充电器被操作为使得电池充电器的输入电压和电流实现单位功率因数,但是在多数情况下,典型的商用充电器不可实现单位功率因数。然而,针对非单位功率因数的情况和具有其它频率分量的系统,可应用这些控制方法和电路。

[0046] 出于计算的目的,假设所有AC侧低频纹波通过充电器传递到电池侧。然后,输入功率可基于下面的等式:

$$P_{in} = P_{in_dc} \times (1 + \cos(2f_{grid} \times 2\pi t)) \quad (1)$$

[0048] 将被电容器 C_1 吸收的无功能量可基于下面的等式被计算:

$$\Delta E_{Cap} = \int_0^{1/4f_{grid}} P_{in_dc} \times \cos(2\pi \times 2f_{grid} t) dt = \frac{P_{in_dc}}{2\pi f_{grid}} J \quad (2)$$

[0050] 电容器的电压摆动可基于下面的等式被计算:

$$\Delta V_c = \frac{P_{in_dc}}{4\pi f_{grid} \times C_1 \times V_{C_dc}} \quad (3)$$

$$C_1 = \frac{P_{in_dc}}{4\pi f_{grid} \times \Delta V_c \times V_{C_dc}} \quad (4)$$

[0053] 等式(4)提供了用于电容器选择的准则。例如,考虑具有60Hz电网频率、400V电容器直流电压和50V电容器纹波电压的3.3KW充电器, $(3300 / (4 * \pi * 60 * 50 * 400))$, 因此,可使用200uF的电容器来满足等式(4)的要求。

[0054] 图7是包括电机702的混合动力车辆动力传动系统700的示图,电机702可被配置为提供扭矩以驱动车辆的车轮或者通过利用车轮的旋转力来旋转电机702以产生电流。电机与电机逆变器704连接,电机逆变器704将AC电流转换为直流(DC)电流。在车辆的操作期间,高电压牵引电池706被用于提供推进力以使电机旋转,并且被用于储存由电机从车轮的转动能捕获的能量。当车辆未运动时,可期望通过经由电池充电器708将电池706连接至AC电网710来增大电池706的荷电状态(SOC)。使用AC电网的一个影响是电网频率的谐波可能导致峰值电压传播到动力传动系统。这里,电流可经由逆变器704被引导通过电机的相中的至

少一个相。电流可被引导为流过电机的至少一个绕组(例如,716A、716B和716C),并且然后经由电机的不同的绕组返回。电流经由上拉开关718A、718B和718C以及下拉开关720A、720B和720C被控制。例如,电流可经由导通第一开关718A被引导流过第一相716A,然后电流可通过导通第二开关720B而经由第二相716B返回。在替代实施例中,电流可通过导通第二开关720B和第三开关720C而经由第二相716B和第三相716C返回。

[0055] 图7的等效电路基本上是具有跨越电桥的电感器的H桥。电感器 L_m 表示取决于开关配置的串联或并联的相的等效绕组电感,所述等效绕组电感可取决于不同的电路配置而具有不同的值。上拉开关718A、718B和718C以及下拉开关720A、720B和720C形成全桥逆变器,并且被控制以产生电感器电流 I_{L_m} 。上拉开关718A、718B和718C以及下拉开关720A、720B和720C可以以比AC电网的频率大得多(>20倍)的频率 f_{sw} 来操作。并且,上拉开关718A、718B和718C以及下拉开关720A、720B和720C可被控制使得电感器电流 I_{L_m} 追踪输入功率,以补偿输入功率的无功功率分量。尽管已经使用三相电机来示出这一点,但是该实施例不限于三相电机,这是因为该实施例还可在六相电机、九相电机或其它多相电机中被实现,在所述六相电机、九相电机或其它多相电机中,电流从至少一个相流出并经由至少一个不同的相返回。开关的操作使得没有稳态转矩被施加到电机,这是因为由感应出的场产生的任何瞬态转矩在一些实施例中通常将相等且相反或者将被平衡,使得转矩基本上为零。例如,使相同(平衡)的电流流过电机的一个相并经由分开的不同的相返回以在电机中产生平衡的均匀场,使得产生最小的转矩或者不产生转矩。另一示例是使电流流过电机的一个相并使电流经由剩余的两个相返回以在电机中产生平衡的均匀场,使得产生最小的转矩或者不产生转矩。此外,开关可被调制以补偿转子位置以及逆变器的电气组件(例如,开关、二极管和连接)和电机的相(例如,716A、716B和716C)的特性的差异。

[0056] 在以下分析中,还假设输入电压和电流具有单位功率因数(针对大多数商用充电器的情况)。然而,针对非单位功率因数的情况以及针对其它频率分量,分析将是类似的。这里,研究了两种情况,第一种情况是 I_{L_m} 具有大的DC值加AC纹波,第二种情况是 I_{L_m} 没有DC值加AC纹波或者具有小的DC值加AC纹波。

[0057] 在 I_{L_m} 具有大的DC值加AC纹波的情况下,电感器电流总是正的,电感器电流 I_{L_m} 的AC分量追踪输入无功功率,以补偿电网侧纹波。这里,电感器上的纹波电流可基于下面的等式被计算:

$$[0058] \quad \Delta I_L = \frac{P_{in_dc}}{4\pi f_{grid} \times L_m \times I_{L_dc}} \quad (5)$$

[0059] 其中,马达定子绕组的需要电感可基于下面的等式:

$$[0060] \quad L_m = \frac{P_{in_dc}}{4\pi f_{grid} \times \Delta I_L \times I_{L_dc}} \quad (6)$$

[0061] 等式(6)提供了用于推荐的电感的准则。例如,针对具有60Hz电网频率、50A纹波电流和400A电感器DC电流的3.3KW充电器,可使用定子绕组的200uH的等效电感来满足要求。

[0062] 逆变器的控制是将低频无功功率引导至电感器。电网侧的感测项可包括可被用于产生相信息和输入功率数据的电压/电流(例如, I_{ac} 和 V_{ac})。相信息和输入功率数据可与车

辆感测信息一起被使用,所述车辆感测信息可包括电感器 L_m 的电流(I_{Lm})。

[0063] 第二种情况是 I_{Lm} 没有DC值加AC纹波或者具有小的DC值加AC纹波,电感器电流可变为负。并且,电感器电流的AC分量追踪输入无功功率,以补偿电网侧纹波。单位功率因数输入功率可基于下面的等式:

$$[0064] \quad P_{in_ac} = P_{in_dc} \cos(2f_{grid} \times 2\pi t) \quad (7)$$

$$[0065] \quad E_{in_ac} = \frac{P_{in_dc}}{4\pi f_{grid}} (1 + \sin(2f_{grid} \times 2\pi t)) \quad (8)$$

$$[0066] \quad I_{Lm} = \pm \sqrt{\frac{P_{in_dc}}{4\pi f_{grid} L_m} (1 + \sin(2f_{grid} \times 2\pi t))} \quad (9)$$

[0067] 等式(9)提供用于在单位功率因数条件下补偿两倍于电网频率下的功率纹波的电感器电流值。电感器电流的极性可根据需要被选择,以使电路的传导损耗最小(例如,通过动力传动系统的开关和组件)。图8示出了与电路的特性(包括电感器电流)相关联的波形,利用电感器电流来说明一个实施例,其中,每当电感器电流变为零时极性发生切换。

[0068] 图8是混合动力车辆的AC充电期间的充电组件和动力传动系统组件的AC特性800相对于时间802的图形示图。输入功率804、电感器功率806、电感器能量808和电感器电流810相对于时间802被图形化地示出。在该测量期间,电池充电器被操作为使得电池充电器的输入电压和电流实现单位功率因数,但是在多数情况下,典型的商用充电器不可实现单位功率因数。然而,针对非单位功率因数的情况和具有其它频率分量的系统,可应用所述控制方法和电路。

[0069] 这里,峰值电感器电流基于下面的等式:

$$[0070] \quad I_{Lm_peak} = \sqrt{\frac{P_{in_dc}}{2\pi f_{grid} L_m}} \quad (10)$$

[0071] 例如,针对具有60Hz电网频率和定子绕组的200uH等效电感的3.3KW充电器,峰值电感器电流在200A左右。

[0072] 为了充分利用电机的三相并且平衡它们的热性能,可使用下面的调制相利用方案。针对图8所示的三个时间间隔,每个相可在三个时间间隔中的两个中被操作,具有一个“流出”电流和一个“流入”电流。调制方案的一个示例列于表1中。

[0073] 表1:不同的时间间隔内每个相的电流的方向

相	1	2	3
A	流出	0	流入
B	流入	流出	0
C	0	流入	流出

[0075] 应该注意的是,表2中示出的两相调制方案也是可行的。

[0076] 表2:在不同的时间间隔内每个相的电流的方向

相	1	2	3

A	流出	流出	流入
B	流入	流出	流出
C	流出	流入	流出

[0078] 图9是用于将无功功率引导至平衡电容器的逆变器的控制系统的流程图900。在操作902,控制器基于混合动力车辆的操作模式而进行分支。如果车辆未处于充电模式,则控制器将分支回到操作902。如果操作模式为充电模式,则控制器分支到操作904。

[0079] 在操作904,控制器计算输入功率纹波(例如,如图6和图8所示的 P_{in})和逆变器的操作损耗,并且进行到操作906。在操作906,控制器基于输入功率纹波超过阈值而进行分支。所述阈值可基于预定值,例如,所述预定值可包括对电池的最大允许纹波值,或者所述预定值可通过充电效率要求和逆变器电路损耗来被确定。如果输入功率纹波小于所述阈值,则控制器将退出,并且如果输入功率纹波大于所述阈值,则控制器将分支到操作908。

[0080] 在操作908,控制器基于逆变器开关损耗超过阈值而进行分支。所述阈值可基于预定值,例如,所述预定值可包括对电池的最大允许纹波值,或者所述预定值可通过充电效率要求和逆变器电路损耗来被确定。如果逆变器开关损耗小于所述阈值,则控制器将进行到操作910,在操作910,控制器将操作电机的所有相并且进行到操作914。如果逆变器开关损耗大于所述阈值,则控制器将进行到操作912,在操作912,控制器将操作电机的受限数量的相并且进行到操作914。所述受限数量可以是三相电机的单个相或三相电机的两个相。例如,如果开关损耗低于所述阈值,则图4所示的系统可接合全部三个相(416A、416B和416C),从而使平衡电容器的电感最小化。并且,如果损耗大于所述阈值,则图4所示的系统可接合受限数量的相(诸如,单个相(即,416A、416B或416C),或者两个相的组合(即,416A+416B、416A+416C或416B+416C)),从而使需要在流向平衡电容器之前在逆变器或电感中消耗的功率最小化。该流程图还可用在没有平衡电容器的系统(例如,图7)中。在该实施例中,例如,图7所示的系统可接合全部三个相(例如,使电流从单个相流出,并且使电流经由剩余的两个相返回)。这可被理解为从416A流出并在416B+416C上返回、或者从416B流出并在416A+416C上返回、或者从416C流出并在416A+416B上返回。同样地,如果损耗大于所述阈值,则图7所示的系统可接合受限数量的相(诸如,针对流出和返回的单个相)(即,从416A流出并在416B上返回、或者从416A流出并在416C上返回、或者从416B流出并在416C上返回),从而使需要在逆变器或电感中消耗的功率最小化。如果系统具有平衡电容器,则控制器进行到操作914,然而,在没有平衡电容器的系统的实施例中,系统将进行到操作916。

[0081] 在操作914,控制器将平衡电容器连接在Y形绕组电机的中性端子与电机的逆变器的负极端子之间。尽管已经使用三相电机来示出这一点,但是本发明不限于三相电机,这是因为本发明还可在六相电机、九相电机或其它多相电机中被实现,在所述六相电机、九相电机或其它多相电机中,平衡电容器连接在所述多相电机的中性端子与电机的逆变器的负极端子之间。在连接平衡电容器之后,控制器进行到操作916。

[0082] 在操作916,控制器操作逆变器,以将来自充电操作的无功功率经由逆变器的开关引导至平衡电容器。在没有平衡电容器的实施例中,控制器操作逆变器,以将无功功率经由逆变器的开关引导通过电机的相。然后,控制器进行到操作918。在操作918,控制器响应于充电的状态而进行分支,如果充电未完成,则控制器将分支到操作916并且继续操作逆变器。如果充电完成,则控制器将退出。

[0083] 在一个或多个附图中通过流程图或类似示图呈现了通过控制器执行的控制逻辑或功能。这些附图提供了示例性的控制策略和/或逻辑,可利用诸如事件驱动、中断驱动、多任务、多线程等的一个或多个处理策略来实现所述控制策略和/或逻辑。因此,可按照示出的顺序或者并行地执行示出的各个步骤或功能,或者在一些情况下忽略示出的步骤或功能。尽管没有全部明确地示出,但是本领域普通技术人员将理解示出的步骤或功能中的一个或多个可根据正在使用的特定处理策略来重复执行。类似地,处理的顺序不必被要求实现在此描述的特征和优点,而是被提供以便于说明和描述。可主要在通过基于微处理器的车辆、发动机和/或动力传动系统控制器(诸如,控制器)执行的软件中实现控制逻辑。当然,根据具体应用,可在一个或多个控制器的软件、硬件或者软件和硬件的组合中实现控制逻辑。当在软件中实现时,控制逻辑可被设置在一个或多个计算机可读存储装置或介质中,所述计算机可读存储装置或介质存储有表示由计算机执行以控制车辆或其子系统的代码或指令的数据。所述计算机可读存储装置或介质可包括多个已知物理装置中的一个或多个,所述多个已知物理装置中的一个或多个利用电存储器、磁存储器和/或光学存储器保持可执行指令以及关联的校准信息、操作变量等。

[0084] 在此公开的处理、方法或算法可被传送到处理装置、控制器或计算机,或者通过所述处理装置、控制器或计算机实现,其中,所述处理装置、控制器或计算机可包括任何现有的可编程电子控制单元或专用电子控制单元。类似地,所述处理、方法或算法可以多种形式被存储为可由控制器或计算机执行的数据和指令,其中,所述多种形式包括但不限于信息永久地存储在非可写存储介质(诸如,只读存储器(ROM)装置)中以及信息可变地存储在可写存储介质(诸如,软盘、磁带、致密盘(CD)、随机存取存储器(RAM)装置以及其它磁介质和光学介质)中。所述处理、方法或算法也可在软件可执行对象中实现。可选地,可使用合适的硬件组件(诸如,专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、状态机、控制器或者其它硬件组件或装置)或者硬件组件、软件组件和固件组件的组合来整体或部分地实现所述处理、方法或算法。

[0085] 虽然以上描述了示例性实施例,但是并不意在这些实施例描述权利要求所涵盖的所有可能形式。说明书中所使用的词语是描述性词语而非限制性词语,并且应理解的是,可在不脱离本公开的精神和范围的情况下做出各种改变。如前所述,可将各个实施例的特征进行组合以形成本发明的可能未被明确描述或示出的进一步的实施例。尽管针对一个或多个期望特性,各个实施例可能已经被描述为提供优点或优于其它实施例或现有技术的实施方式,但是本领域普通技术人员应认识到,根据具体的应用和实施方式,一个或多个特征或特性可被折衷以实现期望的整体系统属性。这些属性可包括但不限于成本、强度、耐用性、生命周期成本、市场性、外观、包装、尺寸、可维护性、重量、可制造性、装配的容易性等。因此,被描述为在一个或多个特性方面不如其它实施例或现有技术的实施方式的实施例并非在本公开的范围之外,并且可被期望用于特定的应用。

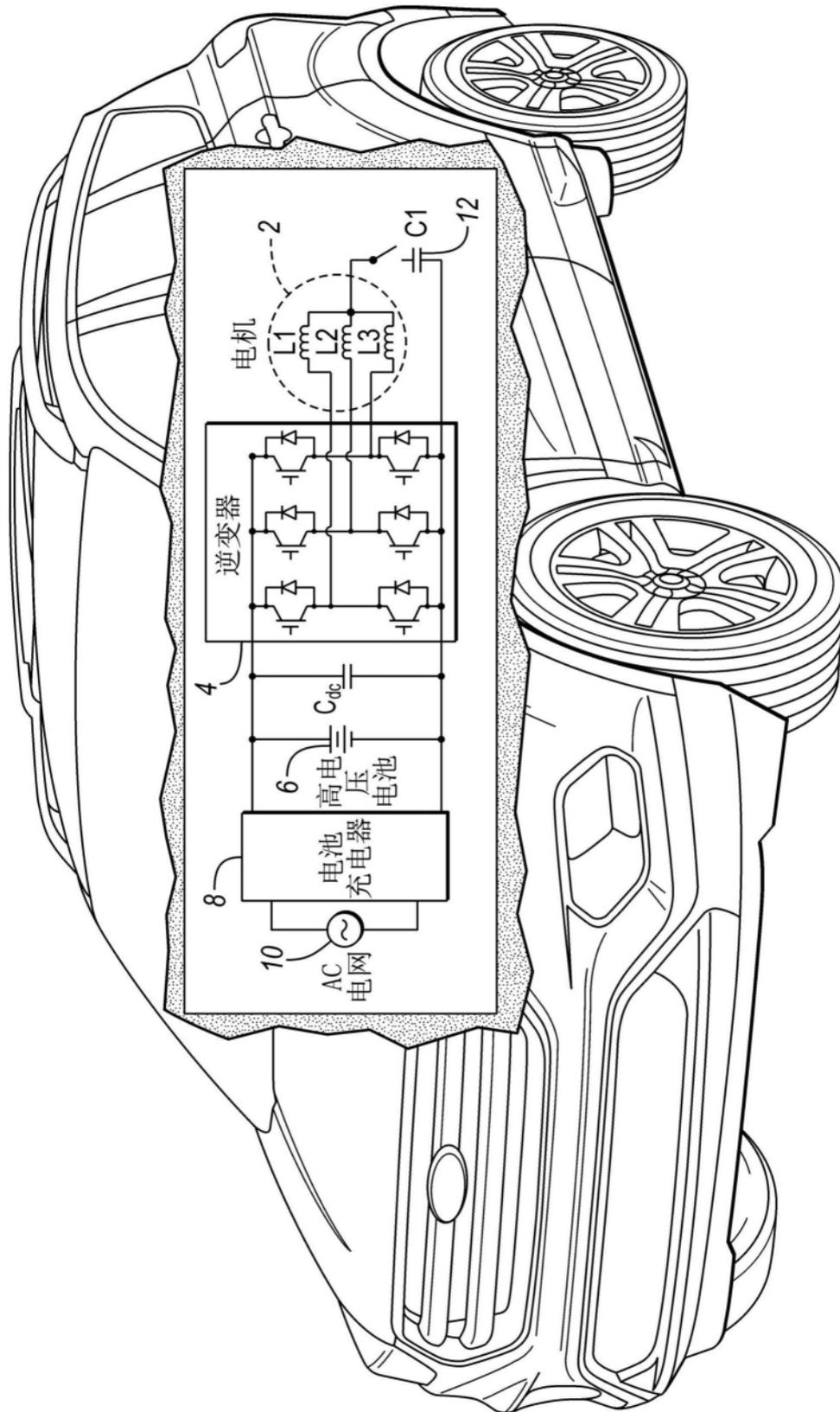


图1

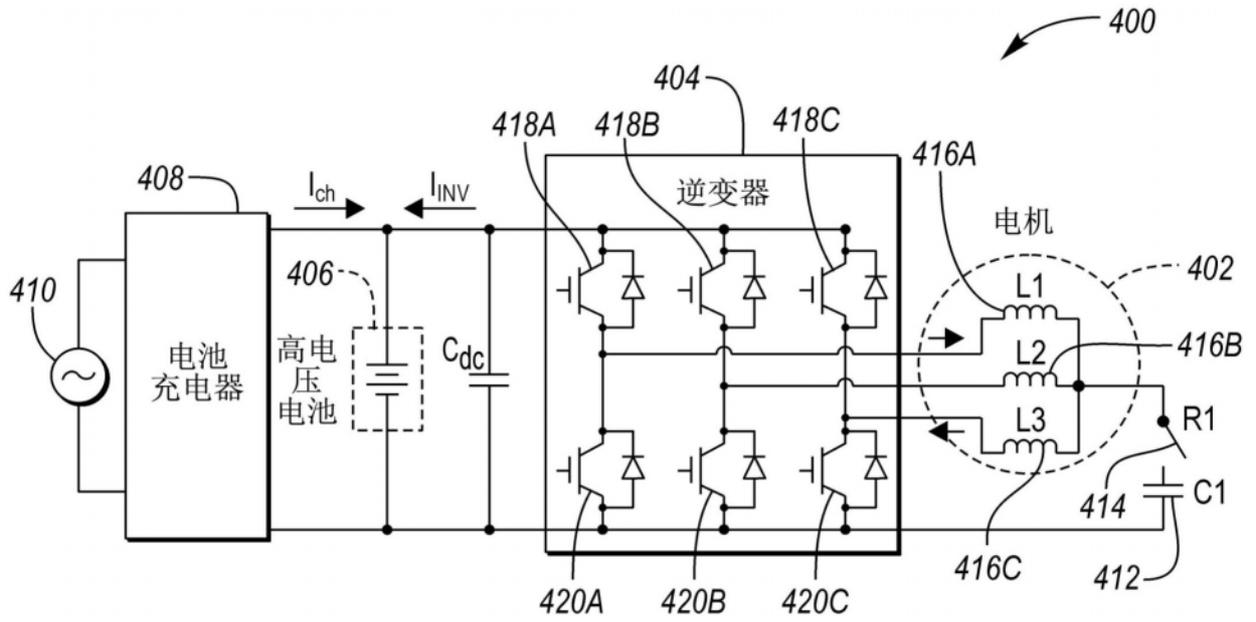


图4

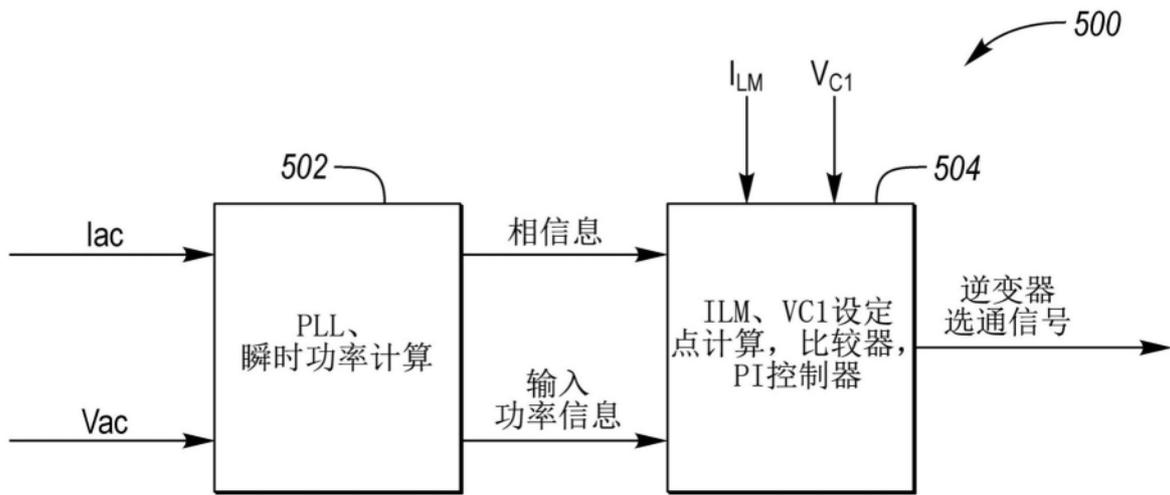


图5

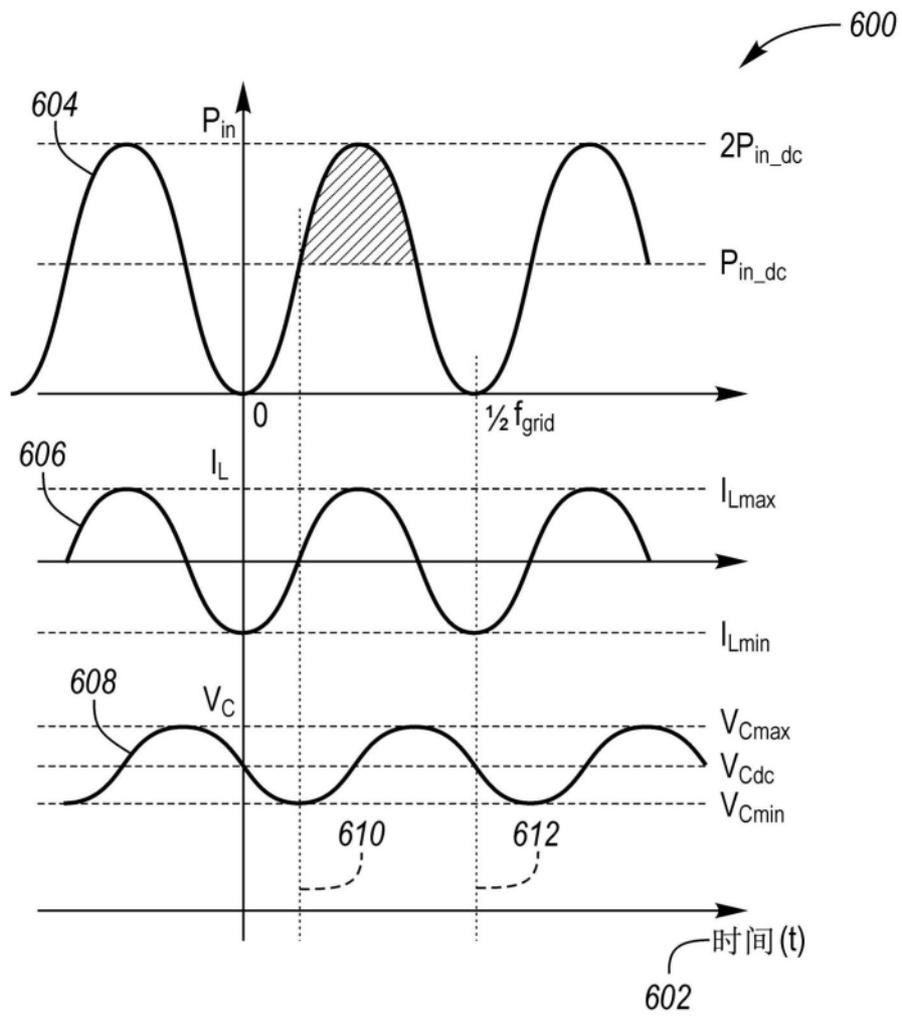


图6

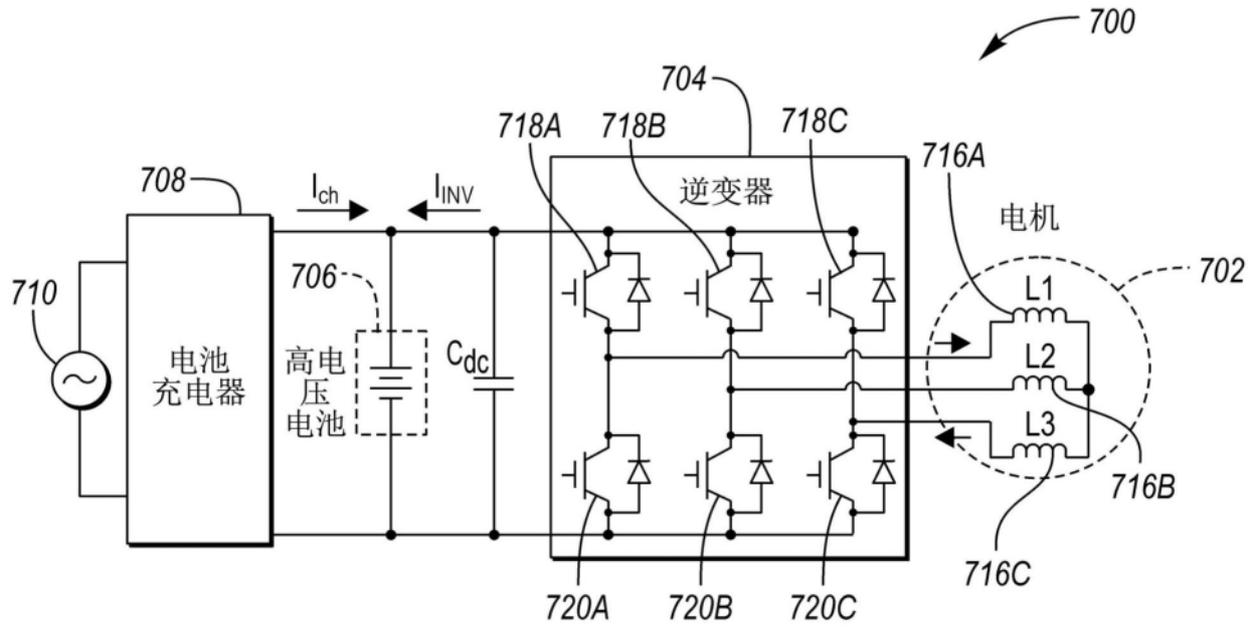


图7

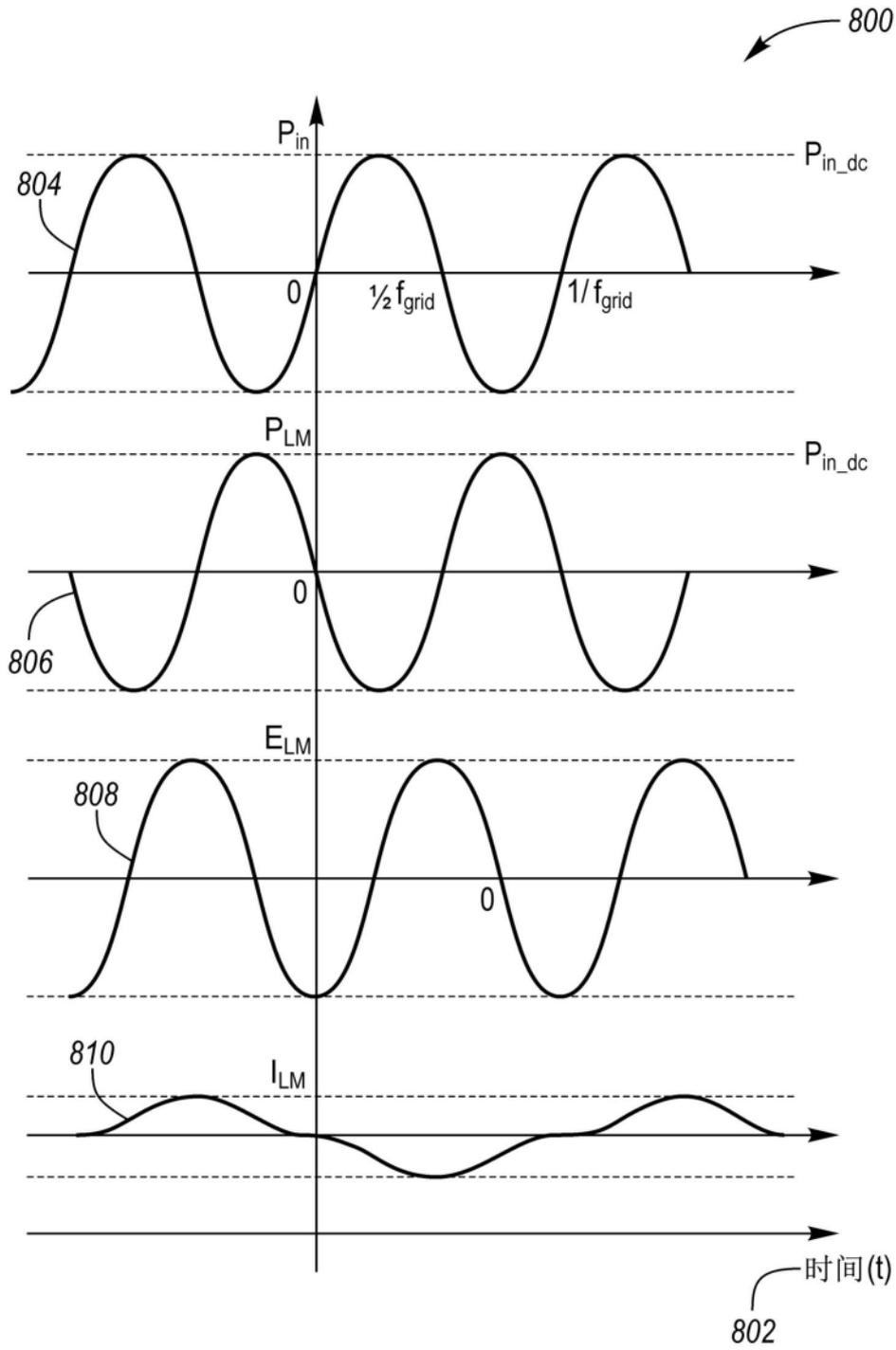


图8

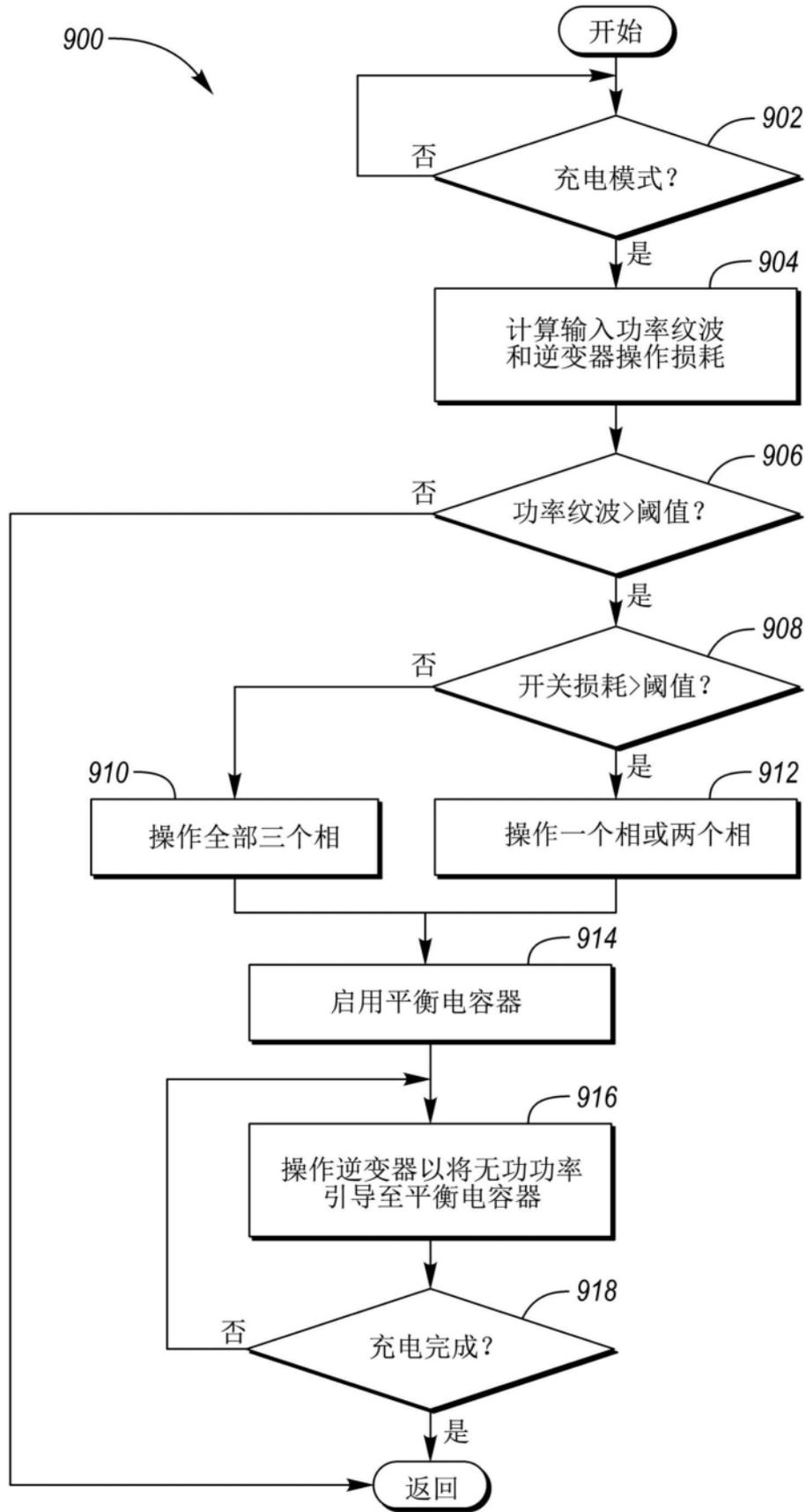


图9