



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111452670 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 14

(21) 申请号 202010053147.2

(22) 申请日 2020.01.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111452670 A

(43) 申请公布日 2020.07.28

(30) 优先权数据
16/251766 2019.01.18 US

(73) 专利权人 通用汽车环球科技运作有限责任
公司
地址 美国密执安州

(72) 发明人 郝镭 王跃云 C.S. 纳姆杜里
S. 戈帕拉克里什南 T.W. 尼尔
李冬旭

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公
司 72001
专利代理师 吴超 刘茜

(51) Int.Cl.
B60L 58/18 (2019.01)
B60L 58/22 (2019.01)

(56) 对比文件
US 2015112522 A1, 2015.04.23
US 2014062349 A1, 2014.03.06
US 2015283963 A1, 2015.10.08
US 2010006360 A1, 2010.01.14
JP 2014172491 A, 2014.09.22
CN 2467353 Y, 2001.12.26
US 4052647 A, 1977.10.04

审查员 谭井泉

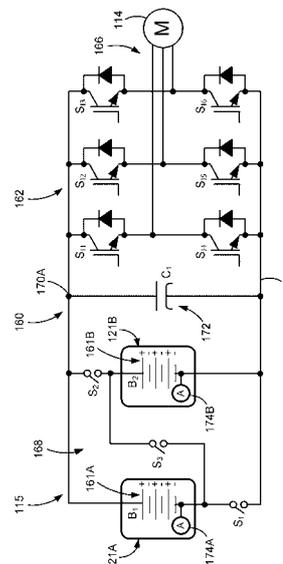
权利要求书4页 说明书16页 附图3页

(54) 发明名称

多电池组电驱车辆的电池组电压切换系
统和控制逻辑

(57) 摘要

提出了电池组电压切换(“V-切换”)系统、制
造/操作这种系统的方法以及具有电池组V-切换
能力的多电池组电驱动机动车辆。一种用于控制
车辆的操作的方法包括车辆控制器接收电压切
换信号以改变车辆的电池系统的电压输出。车辆
控制器确定牵引马达的速度是否小于校准的基
本速度;如果是这样,则控制器向功率逆变器发
射电池组隔离信号,以使牵引电池组与牵引马
达断开电连接。车辆控制器确定DC总线的总线
电流是否小于校准的总线电流阈值;如果是这
样,则控制器发射断开信号,以断开一个或多
个电池组接触器开关,并且发射闭合信号,以
闭合一个或多个电池组接触器开关,从而使车
辆电池系统输出第二电压。



1. 一种控制机动车辆的操作的方法,所述机动车辆包括多个车轮、可操作以驱动所述车轮中的至少一个以便从而推进所述机动车辆的电机、可操作以为所述电机提供动力的电池系统以及控制所述电机和电池系统的车辆控制器,其中,所述电池系统包括第一和第二牵引电池组,所述方法包括:

经由所述车辆控制器接收电压切换信号,以将电池系统输出电压从第一电压改变为第二电压;

经由所述车辆控制器确定所述电机的实时速度是否小于校准的基本机器速度,所述基本机器速度作为对于给定的电压、电机产生全转矩的最高速度;

响应于所述实时速度小于所述校准的基本机器速度,经由所述车辆控制器向功率逆变器发射电池组隔离信号,以断开多个逆变器开关,从而使所述第一和第二牵引电池组与所述电机断开电连接;

经由所述车辆控制器确定将所述第一和第二牵引电池组电连接到所述功率逆变器的直流(DC)总线的总线电流是否小于校准的总线电流阈值;以及

响应于所述总线电流小于所述校准的总线电流阈值,经由所述车辆控制器向电池组接触器开关集合发射断开信号,以断开所述电池组接触器开关中的一个,并发射闭合信号,以闭合所述电池组接触器开关中的另一个,从而使所述电池系统输出所述第二电压。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述电池组接触器开关集合包括第一、第二和第三开关,并且其中,在断开所述第三开关的同时闭合所述第一和第二开关将所述第一和第二牵引电池组并联地电连接,并且在断开所述第一和第二开关的同时闭合所述第三开关将所述第一和第二牵引电池组串联地电连接。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述第一电压大于所述第二电压,所述断开信号断开所述第三开关,并且所述闭合信号闭合所述第一和第二开关。

4. 根据权利要求3所述的方法,其进一步包括:

在闭合所述第一和第二开关之前,经由所述车辆控制器确定所述直流(DC)总线的总线电容器的电容器电压是否小于校准的电容器电压阈值,

其中,响应于所述电容器电压小于所述校准的电容器电压阈值,向所述电池组接触器开关集合发射所述闭合信号以闭合所述第一和第二开关。

5. 根据权利要求4所述的方法,其进一步包括:

在闭合所述第一和第二开关之前,经由所述车辆控制器确定所述第一和第二牵引电池组的第一和第二电池组电流是否分别两者都小于或等于校准的电池组电流阈值;以及

响应于所述第一和第二电池组电流小于或等于所述校准的电池组电流阈值,经由所述车辆控制器向所述电池组接触器开关集合发射第一脉冲宽度调制(PWM)信号以分别调制所述第一和第二开关的第一和第二脉冲宽度。

6. 根据权利要求5所述的方法,其进一步包括:在闭合所述第一和第二开关之后,经由所述车辆控制器向所述功率逆变器发射第二PWM信号,以调制所述逆变器开关的脉冲宽度,以便从而将所述第一和/或第二牵引电池组输出的DC电压逆变成经由所述电机接收的交流(AC)电压。

7. 根据权利要求3所述的方法,其进一步包括:

经由第一和第二电流传感器分别测量所述第一和第二牵引电池组的第一和第二充电

电流；

在断开所述第三开关并闭合所述第一和第二开关之后，经由所述车辆控制器确定所述第一和第二充电电流是否两者都小于校准的充电电流阈值；以及

通过将所述直流 (DC) 总线的总线电容器放电到所述第一和第二牵引电池组中来平衡所述直流 (DC) 总线的总线电压。

8. 根据权利要求3所述的方法，其进一步包括：

在断开所述第三开关之后，经由所述车辆控制器向所述电池组接触器开关集合发射第二断开信号以断开所述第一和第二开关；

确定所述第一和第二牵引电池组的第一和第二电流是否分别近似等于零；

响应于所述第一和第二电流近似等于零，经由所述车辆控制器在存储器装置中存储指示所述第三开关处于断开状态的开关状态指示符；以及

发射第二闭合信号以闭合所述第一和第二开关。

9. 根据权利要求2所述的方法，其中，所述第一电压小于所述第二电压，所述断开信号断开所述第一和第二开关，并且所述闭合信号闭合所述第三开关。

10. 根据权利要求9所述的方法，其进一步包括：

在闭合所述第三开关之前，经由所述车辆控制器确定所述直流 (DC) 总线的总线电容器的电容器电压是否大于校准的电容器电压阈值，

其中，响应于所述电容器电压大于所述校准的电压阈值，向所述电池组接触器开关集合发射所述闭合信号以闭合所述第三开关。

11. 根据权利要求10所述的方法，其进一步包括：

在闭合所述第三开关之前，经由所述车辆控制器确定所述第一和第二牵引电池组的第一和第二电池组电流是否分别两者都小于或等于校准的电池组电流阈值；以及

响应于所述第一和第二电池组电流小于或等于所述校准的电池组电流阈值，经由所述车辆控制器向所述电池组接触器开关集合发射第一脉冲宽度调制 (PWM) 信号以调制所述第三开关的第三脉冲宽度。

12. 根据权利要求11所述的方法，其进一步包括：在闭合所述第三开关之后，经由所述车辆控制器向所述功率逆变器发射第二PWM信号，以调制所述逆变器开关的脉冲宽度，以便从而使所述第一和/或第二牵引电池组输出的DC电压逆变成经由所述电机接收的交流 (AC) 电压。

13. 根据权利要求9所述的方法，其进一步包括：

经由第一和第二电流传感器分别测量所述第一和第二牵引电池组的第一和第二充电电流；

在断开所述第一和第二开关并闭合所述第三开关之后，经由所述车辆控制器确定所述第一和第二充电电流是否两者都小于校准的充电电流阈值；以及

通过从所述第一和第二牵引电池组对所述直流 (DC) 总线的总线电容器充电来平衡所述直流 (DC) 总线的总线电压。

14. 根据权利要求9所述的方法，其进一步包括：

在断开所述第一和第二开关之后，经由所述车辆控制器向所述电池组接触器开关集合发射第二断开信号以断开所述第三开关；

确定所述第一和第二牵引电池组的第一和第二电流是否分别近似等于零；

响应于所述第一和第二电流近似等于零,经由所述车辆控制器在存储器装置中存储指示所述第一和第二开关处于断开状态的开关状态指示符;以及

发射第二闭合信号以闭合所述第三开关。

15. 一种电驱动机动车辆,其包括:

车身,其具有附接到所述车身的多个负重轮;

牵引马达,其附接到所述车身并且可操作以驱动所述负重轮中的一个或多个,以便从而推进所述机动车辆;

电池系统,其具有第一和第二牵引电池组,所述第一和第二牵引电池组附接到所述车身并且可操作以为所述牵引马达提供动力;以及

车辆控制器,其通信地连接到所述牵引马达和所述牵引电池组,所述车辆控制器被编程为:

接收电压切换信号,以将所述电池系统的电池系统输出电压从第一电压改变为第二电压;

确定所述牵引马达的实时速度是否小于校准的基本机器速度,所述基本机器速度作为对于给定的电压、电机产生全转矩的最高速度;

响应于所述实时速度小于所述校准的基本机器速度,向功率逆变器发射电池组隔离信号,以断开多个逆变器开关,从而使所述第一和第二牵引电池组与所述牵引马达断开电连接;

确定将所述第一和第二牵引电池组电连接到所述功率逆变器的直流(DC)总线的总线电流是否小于校准的总线电流阈值;以及

响应于所述总线电流小于所述校准的总线电流阈值,向电池组接触器开关集合发射断开信号,以断开所述电池组接触器开关中的一个,并发射闭合信号,以闭合所述电池组接触器开关中的另一个,从而使所述电池系统输出所述第二电压。

16. 根据权利要求15所述的电驱动机动车辆,其中,所述电池组接触器开关集合包括第一、第二和第三开关,并且其中,在断开所述第三开关的同时闭合所述第一和第二开关将所述第一和第二牵引电池组并联地电连接,并且在断开所述第一和第二开关的同时闭合所述第三开关将所述第一和第二牵引电池组串联地电连接。

17. 根据权利要求16所述的电驱动机动车辆,其中:

所述第一电压大于所述第二电压,所述断开信号断开所述第三开关,并且所述闭合信号闭合所述第一和第二开关;或

所述第一电压小于所述第二电压,所述断开信号断开所述第一和第二开关,并且所述闭合信号闭合所述第三开关。

18. 根据权利要求17所述的电驱动机动车辆,其中,所述车辆控制器进一步被编程为:

在发射所述闭合信号之前,确定所述直流(DC)总线的总线电容器的电容器电压是否小于或大于校准的电容器电压阈值,

其中,响应于所述电容器电压小于所述校准的电容器电压阈值,发射所述闭合信号以闭合所述第一和第二开关,以及

其中,响应于所述电容器电压大于所述校准的电容器电压阈值,发射所述闭合信号以

闭合所述第三开关。

19. 根据权利要求18所述的电驱动机动车辆,其中,所述车辆控制器进一步被编程以:

在发射所述闭合信号之前,确定所述第一和第二牵引电池组的第一和第二电池组电流是否分别两者都小于或等于校准的电池组电流阈值;以及

响应于所述第一和第二电池组电流小于或等于所述校准的电池组电流阈值,向所述电池组接触器开关集合发射第一脉冲宽度调制(PWM)信号以调制所述开关中的一个或多个的相应脉冲宽度。

20. 根据权利要求19所述的电驱动机动车辆,其中,所述车辆控制器进一步被编程为在发射所述闭合信号之后,向所述功率逆变器发射第二PWM信号,以调制所述逆变器开关的脉冲宽度,以便从而使所述第一和/或第二牵引电池组输出的DC电压逆变成经由所述牵引马达接收的交流(AC)电压。

多电池组电驱车辆的电池组电压切换系统和控制逻辑

技术领域

[0001] 本公开大体上涉及混合动力和电动(“电驱动”)机动车辆。更具体地,本公开的各方面涉及用于多电池组电驱车辆的电池组电压切换(“V-切换”)协议。

背景技术

[0002] 当前生产的机动车辆(诸如现代汽车)最初配备有操作以推进车辆并为车辆的车载电子设备提供动力的动力总成。在汽车应用中,例如,车辆动力总成大体上以原动机为代表,该原动机通过手动或自动换挡的多级变速器将驱动动力输送至车辆的最终驱动系统(例如,差速器、车轴、负重轮等)。由于往复式内燃发动机(ICE)容易获得并且成本相对低廉、重量轻且整体效率高,汽车历史上一直由往复式内燃发动机提供动力。作为一些非限制性示例,这种发动机包括二冲程和四冲程压缩点火(CI)柴油发动机、四冲程火花点火(SI)汽油发动机、六冲程架构和旋转发动机。在另一方面,混合动力和纯电动车辆利用替代动力源来推进车辆,并因此最小化或消除对基于化石燃料的发动机的牵引动力的依赖。

[0003] 纯电动车辆(FEV)——俗称为“电动汽车”——是一种类型的电驱车辆配置,其从动力总成系统完全去除内燃发动机和附带的外围部件,从而仅依靠电动牵引马达来推进和支撑附属负载。基于ICE的车辆的发动机、燃料系统和排气系统在FEV中被电动马达、牵引式电池组和电池冷却和充电电子设备代替。相比之下,混合动力车辆动力总成采用牵引动力的多种源来推进车辆,最常见的是结合电池提供动力或燃料电池提供动力的电动马达来操作内燃发动机组件。例如,混合动力电动车辆(HEV)大体上配备有单独或协作地操作以生成牵引动力的ICE组件和通常呈马达/发电机单元(MGU)形式的电机(electric machine/E-machine)。由于混合动力车辆能够从发动机以外的源获得其动力,因此,在由电动马达推进车辆的同时,HEV中的发动机可以全部或部分关断。

[0004] 尽管有无数的选项可用,但存在现代车辆中使用的三种主要类型的混合式动力总成架构:串联混合式、并联混合式和串联-并联(“功率分流”)混合式配置。串联混合式架构例如从电动马达获得所有牵引动力,并因此消除发动机与最终驱动构件之间的任何驱动机械连接。在这种情况下,发动机仅用作再生能源,从而驱动为车辆的车载牵引电池组充电的电动发电机。针对并联混合式架构,发动机和每个马达/发电机单元具有到动力传动装置并因此到车辆的负重轮的驱动机械连接。顾名思义,串联-并联混合式架构组合了来自并联混合式动力总成和串联混合式动力总成两者的特征。在仅汽油、仅电动和马达辅助的操作模式下,马达和发动机取决于期望的车速、整体车辆功率需求和电池组的荷电状态(SOC)而独立地或联合地——并联或串联地——工作。

[0005] 可商购的混合动力车辆和电动车辆大都采用可再充电牵引电池组(电动车辆电池(EVB))来存储和供应操作动力总成的马达/发电机单元的必需功率。牵引电池组(其比12伏启动、照明和点火(SLI)电池大得多、更强大并且容量更高)通常由一大堆电池电芯组成,电池电芯分组成经由电池外壳或支撑托盘安装到车辆底盘的多个电池模块。一些车辆电池系统采用多个可独立操作的高压电池组,以通过增加的安培小时来提供更高的电压输送和更

大的系统容量。专用的电池组控制模块(BPCM)调节电池组接触器的断开和闭合,以控制在给定时间处哪一个或哪些电池组将为车辆的牵引马达提供动力。当车辆处于操作中时,电池系统可以以保护电池组和接触器同时确保恒定的电压馈送以便不干扰动力总成功能的方式从一个电池组切换到另一电池组。

发明内容

[0006] 本文公开了具有用于多电池组电驱动车辆的附带控制逻辑的电池组电压切换(“V-切换”)系统、用于制造这种系统的方法和用于操作这种系统的方法以及具有电池组V-切换能力的多电池组电驱动机动车辆。通过示例,提出了电池组与电池组电压切换的控制算法、在恒定马达转矩范围期间执行动态V-切换的方法以及用于识别每个电开关的状态以确保在车辆的驱动系统操作中时的安全且可靠的V-切换的协议。还提出了用于在V-切换期间对总线电容器充电/放电的直流(DC)总线电压平衡协议以及用于在开关发生故障时在故障条件下操作车辆电池系统的开关控制算法。在示例中,V-切换发生在恒定扭矩范围期间,例如,当牵引马达的实时速度偏离车辆校准的基本马达速度时。如果电机速度高于或低于该阈值,则关断所有逆变器开关以将两个电池组与驱动系统解耦。关断所有逆变器开关可导致零电机电流和零电机转矩,并且可附随地阻挡去往/来自电机的电池电流。该特征在预定的动力总成操作条件下将牵引电池组与逆变器和驱动系统两者解耦和隔离。

[0007] 至少一些公开的概念的附带益处包括电驱动电池系统架构和电池组V-切换协议,这些使得能够在动力总成操作期间安全且可靠地管理两个或更多个牵引电池组。对于重型电驱动车辆(例如,至少7,000磅的车辆总重(GVW)),可使用多个电池组来在符合制造公差和组装约束的同时实现平台指定的电动范围。可变电压电池组与电池组切换(例如用于使电池系统电压输出加倍或减半)可改进电动马达效率并在高速操作下增大推进功率。额外的益处可包括在V-切换期间将电池组与功率逆变器和驱动系统隔离以使安全且可靠操作的能量交换最小化的能力。如果存在开关故障,则公开的V-切换技术也可并入系统故障控制策略。公开的电池组V-切换协议还可帮助提高电池系统效率并延长电池组的操作预期寿命。

[0008] 本公开的方面涉及用于多电池组电驱动车辆的电池组与电池组电压切换的控制逻辑、软件算法和计算机可读介质。在示例中,提出了一种用于控制机动车辆的操作的方法。机动车辆包括多个负重轮和电机(例如,一个或多个马达/发电机单元),其可操作以驱动车轮以便从而推进车辆。两个或更多个车载牵引电池组单独地和/或共同为电机提供动力。可具有变速器功率逆变器模块(TPIM)、电池组控制模块(BPCM)和/或混合动力控制模块(HCP)的性质的车辆控制器控制电机和电池组。对于混合动力型电驱动架构,车辆还配备有内燃发动机。

[0009] 前述代表性方法以任何顺序并且以与上文和下文选项和特征中的任一者的任何组合包括:经由车辆控制器接收电压切换信号以将电池系统输出电压从第一电压改变为第二电压;经由车辆控制器确定电机的机器速度是否小于校准的基本机器速度;响应于机器速度小于校准的基本机器速度,经由车辆控制器向功率逆变器发射电池组隔离信号,以断开多个逆变器开关,从而使第一和第二牵引电池组与电机断开电连接;经由车辆控制器确定将第一和第二牵引电池组电连接到功率逆变器的直流(DC)总线的总线电流是否小于校

准的总线电流阈值；以及响应于总线电流小于校准的总线电流阈值，经由车辆控制器向电池组接触器开关集合发射断开信号，以断开电池组接触器开关中的一个，并发射闭合信号，以闭合电池组接触器开关中的另一个，从而使第一和/或第二牵引电池组输出第二电压。

[0010] 本公开的其它方面涉及具有电池组与电池组V-切换能力的多电池组电驱动机动车辆。如本文使用的，术语“机动车辆”可包括任何相关的车辆平台，诸如乘用车辆（HEV、PHEV、FEV、BEV、REEV等）、商用车辆、工业车辆、履带车辆、越野车和全地形车（ATV）、摩托车、农用设备、船、飞机等。在示例中，电驱动机动车辆包括具有多个负重轮的车身，并任选地包括在内燃发动机组件中。一个或多个电动牵引马达安装到车身上，并且单独地（例如，在纯电动车辆（FEV）应用中）操作或与内燃发动机结合（例如，在混合电动车辆（HEV）应用中）操作以驱动一个或多个车辆车轮，以便从而推进车辆。一对牵引电池组安装到车身上并且可操作以为牵引马达提供动力。

[0011] 上文示例中的电驱动机动车辆还包括驻车或远程车辆控制器或者控制器或模块的网络，其通信地连接到牵引马达和电池组。车辆控制器被编程为接收电压切换信号以将电池系统的输出电压从低（或高）电压改变为高（或低）电压。在接收到请求时，车辆控制器响应地确定每个牵引马达的电机速度是否小于校准的基本电机速度；如果是这样，则控制器自动向功率逆变器发射电池组隔离信号，以断开多个逆变器开关，从而使牵引电池组与牵引马达断开电连接。车辆控制器然后确定将牵引电池组电连接到功率逆变器的DC总线的实时总线电流是否小于校准的总线电流阈值；如果是这样，则控制器响应地发射：（1）断开信号，以断开电池组接触器开关集合中的一个或多个开关；以及（2）闭合信号，以闭合一个或多个电池组接触器开关。这样做，电池系统输出所请求的低/高电压。

[0012] 对于任何公开的车辆、方法和系统，电池组接触器开关集合包括第一、第二和第三开关：断开第三开关并且然后闭合第一和第二开关将使牵引电池组并联地电连接；相反，断开第一和第二开关并且然后闭合第三开关将使牵引电池组串联地电连接。如果第一电压大于第二电压（例如，从800 V切换到400 V），则车辆控制器首先断开第三开关，并且然后闭合第一和第二开关。在另一方面，如果第一电压小于第二电压（例如，从400 V切换到800 V），则车辆控制器首先断开第一和第二开关，并且然后闭合第三开关。

[0013] 对于任何公开的车辆、方法和系统，车辆控制器可在发射闭合信号之前确定DC总线的总线电容器的电容器电压是否小于（或大于）校准的电容器电压阈值。对于高到低V-切换请求，车辆控制器响应于电容器电压小于校准的电容器电压阈值来发射闭合信号以闭合第一和第二开关。通过比较，对于低到高V-切换请求，车辆控制器响应于电容器电压大于校准的电容器电压阈值来发射闭合信号以闭合第三开关。

[0014] 对于任何公开的车辆、方法和系统，车辆控制器还可在发射闭合信号之前确定牵引电池组的相应电池组电流是否各自小于校准的电池组电流阈值。响应于确定所有电池组电流都小于校准的电池组电流阈值，车辆控制器向电池组接触器开关集合发射脉冲宽度调制（PWM）信号以调制正在闭合的一个或多个开关的相应脉冲宽度。在闭合对应开关之后，车辆控制器可向功率逆变器发射另一PWM信号以调制逆变器开关的脉冲宽度，以便从而将第一和/或第二牵引电池组输出的DC电压逆变成经由一个或多个牵引马达接收的交流（AC）电压。

[0015] 对于任何公开的车辆、方法和系统，车辆控制器可使用一个或多个电流传感器来

测量第一和第二牵引电池组的相应充电电流。在断开第三开关(或第一和第二开关)并闭合第一和第二开关(或第三开关)之后,车辆控制器可确定电池组充电电流是否两者都小于校准的充电电流阈值。如果是这样,则车辆控制器通过从牵引电池组对DC总线电容器充电(或使其放电到牵引电池组)来平衡DC总线的总线电压。

[0016] 对于任何公开的车辆、方法和系统,车辆控制器可在断开第三开关(或第一和第二开关)之后发射另一断开信号以断开先前闭合的第一和第二开关(或第三开关)。当所有三个开关都已断开时,车辆控制器可确定牵引电池组的相应电流是否近似等于零。如果是这样,则车辆控制器可以通过显示和/或存储指示第三开关(或第一和第二开关)处于断开状态的开关状态指示符来自动响应。

[0017] 本发明提供以下技术方案:

[0018] 1. 一种控制机动车辆的操作的方法,所述机动车辆包括多个车轮、可操作以驱动所述车轮中的至少一个以便从而推进所述机动车辆的电机、可操作以为所述电机提供动力的第一和第二牵引电池组以及控制所述电机和电池组的车辆控制器,所述方法包括:

[0019] 经由所述车辆控制器接收电压切换信号,以将电池系统输出电压从第一电压改变为第二电压;

[0020] 经由所述车辆控制器确定所述电机的机器速度是否小于校准的基本机器速度;

[0021] 响应于所述机器速度小于所述校准的基本机器速度,经由所述车辆控制器向功率逆变器发射电池组隔离信号,以断开多个逆变器开关,从而使所述第一和第二牵引电池组与所述电机断开电连接;

[0022] 经由所述车辆控制器确定将所述第一和第二牵引电池组电连接到所述功率逆变器的直流(DC)总线的总线电流是否小于校准的总线电流阈值;以及

[0023] 响应于所述总线电流小于所述校准的总线电流阈值,经由所述车辆控制器向电池组接触器开关集合发射断开信号,以断开所述电池组接触器开关中的一个,并发射闭合信号,以闭合所述电池组接触器开关中的另一个,从而使所述第一和/或第二牵引电池组输出所述第二电压。

[0024] 2. 根据技术方案1所述的方法,其中,所述电池组接触器开关集合包括第一、第二和第三开关,并且其中,在断开所述第三开关的同时闭合所述第一和第二开关将所述第一和第二牵引电池组并联地电连接,并且在断开所述第一和第二开关的同时闭合所述第三开关将所述第一和第二牵引电池组串联地电连接。

[0025] 3. 根据技术方案2所述的方法,其中,所述第一电压大于所述第二电压,所述断开信号断开所述第三开关,并且所述闭合信号闭合所述第一和第二开关。

[0026] 4. 根据技术方案3所述的方法,其进一步包括:

[0027] 在闭合所述第一和第二开关之前,经由所述车辆控制器确定所述DC总线的总线电容器的电容器电压是否小于校准的电容器电压阈值,

[0028] 其中,响应于所述电容器电压小于所述校准的电容器电压阈值,向所述电池组接触器开关集合发射所述闭合信号以闭合所述第一和第二开关。

[0029] 5. 根据技术方案4所述的方法,其进一步包括:

[0030] 在闭合所述第一和第二开关之前,经由所述车辆控制器确定所述第一和第二牵引电池组的第一和第二电池组电流是否分别两者都小于或等于校准的电池组电流阈值;以及

[0031] 响应于所述第一和第二电池组电流小于或等于所述校准的电池组电流阈值,经由所述车辆控制器向所述电池组接触器开关集合发射第一脉冲宽度调制(PWM)信号以分别调制所述第一和第二开关的第一和第二脉冲宽度。

[0032] 6. 根据技术方案5所述的方法,其进一步包括:在闭合所述第一和第二开关之后,经由所述车辆控制器向所述功率逆变器发射第二PWM信号,以调制所述逆变器开关的脉冲宽度,以便从而将所述第一和/或第二牵引电池组输出的DC电压逆变成经由所述电机接收的交流(AC)电压。

[0033] 7. 根据技术方案3所述的方法,其进一步包括:

[0034] 经由第一和第二电流传感器分别测量所述第一和第二牵引电池组的第一和第二充电电流;

[0035] 在断开所述第三开关并闭合所述第一和第二开关之后,经由所述车辆控制器确定所述第一和第二充电电流是否两者都小于校准的充电电流阈值;以及

[0036] 通过将所述DC总线的总线电容器放电到所述第一和第二牵引电池组中来平衡所述DC总线的总线电压。

[0037] 8. 根据技术方案3所述的方法,其进一步包括:

[0038] 在断开所述第三开关之后,经由所述车辆控制器向所述电池组接触器开关集合发射第二断开信号以断开所述第一和第二开关;

[0039] 确定所述第一和第二牵引电池组的第一和第二电流是否分别近似等于零;

[0040] 响应于所述第一和第二电流近似等于零,经由所述车辆控制器在存储器装置中存储指示所述第三开关处于断开状态的开关状态指示符;以及

[0041] 发射第二闭合信号以闭合所述第一和第二开关。

[0042] 9. 根据技术方案2所述的方法,其中,所述第一电压小于所述第二电压,所述断开信号断开所述第一和第二开关,并且所述闭合信号闭合所述第三开关。

[0043] 10. 根据技术方案9所述的方法,其进一步包括:

[0044] 在闭合所述第三开关之前,经由所述车辆控制器确定所述DC总线的总线电容器的电容器电压是否大于校准的电容器电压阈值,

[0045] 其中,响应于所述电容器电压大于所述校准的电压阈值,向所述电池组接触器开关集合发射所述闭合信号以闭合所述第三开关。

[0046] 11. 根据技术方案10所述的方法,其进一步包括:

[0047] 在闭合所述三开关之前,经由所述车辆控制器确定所述第一和第二牵引电池组的第一和第二电池组电流是否分别两者都小于或等于校准的电池组电流阈值;以及

[0048] 响应于所述第一和第二电池组电流小于或等于所述校准的电池组电流阈值,经由所述车辆控制器向所述电池组接触器开关集合发射第一脉冲宽度调制(PWM)信号以调制所述第三开关的第三脉冲宽度。

[0049] 12. 根据技术方案11所述的方法,其进一步包括:在闭合所述第三开关之后,经由所述车辆控制器向所述功率逆变器发射第二PWM信号,以调制所述逆变器开关的脉冲宽度,以便从而使所述第一和/或第二牵引电池组输出的DC电压逆变成经由所述电机接收的交流(AC)电压。

[0050] 13. 根据技术方案9所述的方法,其进一步包括:

[0051] 经由第一和第二电流传感器分别测量所述第一和第二牵引电池组的第一和第二充电电流；

[0052] 在断开所述第一和第二开关并闭合所述第三开关之后，经由所述车辆控制器确定所述第一和第二充电电流是否都两者都小于校准的充电电流阈值；以及

[0053] 通过从所述第一和第二牵引电池组对所述DC总线的总线电容器充电来平衡所述DC总线的总线电压。

[0054] 14. 根据技术方案9所述的方法，其进一步包括：

[0055] 在断开所述第一和第二开关之后，经由所述车辆控制器向所述电池组接触器开关集合发射第二断开信号以断开所述第三开关；

[0056] 确定所述第一和第二牵引电池组的第一和第二电流是否分别近似等于零；

[0057] 响应于所述第一和第二电流近似等于零，经由所述车辆控制器在存储器装置中存储指示所述第一和第二开关处于断开状态的开关状态指示符；以及

[0058] 发射第二闭合信号以闭合所述第三开关。

[0059] 15. 一种电驱动机动车辆，其包括：

[0060] 车身，其具有附接到所述车身的多个负重轮；

[0061] 牵引马达，其附接到所述车身并且可操作以驱动所述负重轮中的一个或多个，以便从而推进所述机动车辆；

[0062] 电池系统，其具有第一和第二牵引电池组，所述第一和第二牵引电池组附接到所述车身并且可操作以为所述牵引马达提供动力；以及

[0063] 车辆控制器，其通信地连接到所述牵引马达和所述牵引电池组，所述车辆控制器被编程为：

[0064] 接收电压切换信号，以将所述电池系统的电池系统输出电压从第一电压改变为第二电压；

[0065] 确定所述牵引马达的机器速度是否小于校准的基本机器速度；

[0066] 响应于所述机器速度小于所述校准的基本机器速度，向功率逆变器发射电池组隔离信号，以断开多个逆变器开关，从而使所述第一和第二牵引电池组与所述牵引马达断开电连接；

[0067] 确定将所述第一和第二牵引电池组电连接到所述功率逆变器的直流(DC)总线的总线电流是否小于校准的总线电流阈值；以及

[0068] 响应于所述总线电流小于所述校准的总线电流阈值，向电池组接触器开关集合发射断开信号，以断开所述电池组接触器开关中的一个，并发射闭合信号，以闭合所述电池组接触器开关中的另一个，从而使所述第一和/或第二牵引电池组输出所述第二电压。

[0069] 16. 根据技术方案15所述的电驱动机动车辆，其中，所述电池组接触器开关集合包括第一、第二和第三开关，并且其中，在断开所述第三开关的同时闭合所述第一和第二开关将所述第一和第二牵引电池组并联地电连接，并且在断开所述第一和第二开关的同时闭合所述第三开关将所述第一和第二牵引电池组串联地电连接。

[0070] 17. 根据技术方案16所述的电驱动机动车辆，其中：

[0071] 所述第一电压大于所述第二电压，所述断开信号断开所述第三开关，并且所述闭合信号闭合所述第一和第二开关；或

[0072] 所述第一电压小于所述第二电压,所述断开信号断开所述第一和第二开关,并且所述闭合信号闭合所述第三开关。

[0073] 18. 根据技术方案17所述的电驱动机动车辆,其中,所述车辆控制器进一步被编程为:

[0074] 在发射所述闭合信号之前,确定所述DC总线的总线电容器的电容器电压是否小于或大于校准的电容器电压阈值,

[0075] 其中,响应于所述电容器电压小于所述校准的电容器电压阈值,发射所述闭合信号以闭合所述第一和第二开关,以及

[0076] 其中,响应于所述电容器电压大于所述校准的电容器电压阈值,发射所述闭合信号以闭合所述第三开关。

[0077] 19. 根据技术方案18所述的电驱动机动车辆,其中,所述车辆控制器进一步被编程以:

[0078] 在发射所述闭合信号之前,确定所述第一和第二牵引电池组的第一和第二电池组电流是否分别两者都小于或等于校准的电池组电流阈值;以及

[0079] 响应于所述第一和第二电池组电流小于或等于所述校准的电池组电流阈值,向所述电池组接触器开关集合发射第一脉冲宽度调制(PWM)信号以调制所述开关中的一个或多个的相应脉冲宽度。

[0080] 20. 根据技术方案19所述的电驱动机动车辆,其中,所述车辆控制器进一步被编程为在发射所述闭合信号之后,向所述功率逆变器发射第二PWM信号,以调制所述逆变器开关的脉冲宽度,以便从而使所述第一和/或第二牵引电池组输出的DC电压逆变成经由所述牵引马达接收的交流(AC)电压。

[0081] 上文发明内容并不旨在表示本公开的每个实施例或每个方面。相反,前述发明内容仅提供了本文中所述的一些新颖概念和特征的范例。当结合附图和所附权利要求理解时,本公开的上述特征和优点以及其它特征和附带优点将会从以下对用于实施本公开的说明性示例和代表性模式的详细描述变得显而易见。此外,本公开明确地包括上文和下文提出的元件和特征的任何和所有组合和子组合。

附图说明

[0082] 图1是图示根据本公开的各方面的具有电池组与电池组电压切换能力的多电池组电驱动机动车辆的代表性功率分流混合式动力总成架构的示意图。

[0083] 图2是图示根据本公开的各方面的具有多个牵引电池组的代表性电驱动车辆电池系统的示意图。

[0084] 图3是图示根据所公开概念的各方面的用于控制电驱动车辆的多个牵引电池组的操作的代表性电池组V-切换算法的流程图,该算法可对应于由车载或远程控制逻辑电路系统、可编程电子控制单元或其它基于计算机的装置或装置网络执行的存储器存储的指令。

[0085] 本公开适于各种修改和替代形式,并且在附图中通过示例示出了一些代表性实施例,并将在本文中对这些实施例进行详细描述。然而,应当理解,本公开的新颖方面不限于上文列举的附图中所图示的特定形式。相反,本公开将覆盖落入如由所附权利要求书涵盖的本公开的范围内的所有修改、等同物、组合、子组合、排列、分组和替代方式。

具体实施方式

[0086] 本公开允许呈许多不同形式的实施例。在附图中示出了本公开的代表性实施例，并且将在本文中对这些实施例进行详细描述，同时应理解，这些实施例是作为所公开的原理的范例而非对本公开的广泛方面的限制而提供的。就此而言，例如在摘要、介绍、发明内容和具体实施方式部分中描述但未在权利要求书中明确阐述的元件和限制不应通过暗示、推断或以其它方式单独或共同地并入权利要求中。

[0087] 出于本具体实施方式的目的，除非具体声明，否则：单数包括复数，且反之亦然；词语“和”和“或”应既是连接词又是反意连接词；词语“任何”和“所有”两者都应意指“任何和所有”；并且词语“包括(including)”、“包含(containing)”、“包括(comprising)”、“具有(having)”等应各自意指“包括但不限于”。此外，诸如“大约”、“几乎”、“基本上”、“近似”等的近似词在本文中可在“在……处、接近或接近于……处”或“在0-5%之内”或“在可接受的制造公差之内”或其任何逻辑组合的意义上使用。最后，方向形容词和副词(诸如前、后、内侧、外侧、右侧、左侧、竖直、水平、向上、向下、前、后、左、右等)可以是相对于机动车辆，诸如当车辆可操作地定向在正常行驶表面上时的机动车辆的向前行驶方向。

[0088] 现在参考附图，其中，贯穿若干个视图，相同的附图标记指代相同的特征，在图1中示出了代表性汽车的示意性图示，该汽车大体上以10表示，并且出于讨论目的在本文中描绘为混合动力电动乘用车辆。根据更具体的非限制性示例，动力总成11是双模式功率分流的混合式电力总成，其具有可变排量6.0升(L) V8发动机12和安装到多级电动可变变速器(EVT) 18的两个60千瓦(kW)多相无刷永磁(PM) 马达14和16。所图示的汽车10——在本文中也简称为“机动车辆”或“车辆”——仅是示例性应用，利用其可以实践本公开的新颖方面和特征。同样，将本发明概念实施成双模式功率分流混合式电力总成也应理解为本文中所公开的新颖概念的示例性应用。因此，应理解，本公开的各方面和特征可以应用于其它电驱动的动力总成配置，并且可以用于任何逻辑上相关类型的机动车辆。最后，仅已示出了选定的部件，并且在本文中将对其进行更详细的描述。然而，下文讨论的车辆和电池系统可包括许多额外和替代特征，以及其它可商购的外围部件，例如以用于实施本公开的各种方法和功能。

[0089] 图1的混合式动力总成11可设计成发动和推进车辆10，在低行驶速度与高行驶速度之间的所有速度范围内操作车辆，以及为任何或所有车载电子设备提供动力。如附图中所示出，“电动可变变速器”包括可操作地连接到发动机12、第一马达/发电机单元(MGU) 14和第二MGU 16中的每一者的变速器行星齿轮系。将发动机12和两个马达/发电机单元14、16(可互换地称为“牵引马达”)的相应扭矩引导到行星齿轮系的不同构件准许电源中的一者辅助抑或平衡另外两个电源中的任一者的操作。因此，发动机12和可操作地连接到EVT 18的多个马达/发电机单元14、16的组合允许独立地控制和选择发动机和马达/发电机的速度和扭矩，以便为对象车辆10更高效地提供动力。

[0090] 车辆10配备有车辆电池系统15，车辆电池系统15可以包括例如多个电池电芯，这些电池电芯布置为堆叠成多个牵引电池组21A和21B的电池模块。这些电池电芯可以利用任何合适的电池技术，包括例如铅酸、镍金属氢化物(NiMH)、锂离子(“Li-离子”)、Li-离子聚合物、锌-空气、锂-空气、镍-镉(NiCad)、阀控铅酸(“VRLA”)，包括吸收玻璃垫(“AGM”)、镍-锌(NiZn)、熔盐(例如Na-NiCl₂电池)，或其任何组合。每个电池组或每个电池电芯可与一个

或多个传感器相关联,以测量与每个电池组/电芯相关联的一个或多个电池特性(例如电压、电流、温度、SOC、电容等)。车辆电池系统15可操作地连接到第一马达/发电机单元14和第二马达/发电机单元16,以将电流传递到这些MGU并从这些MGU接收电流。驻车车辆控制器23通信地连接到发动机12、牵引马达14、16、车辆电池系统15和变速器18,以控制其操作。控制器、控制模块、模块、控制单元、处理器和其任何排列可以限定成意指逻辑电路、专用集成电路(ASIC)、电子电路、中央处理单元(例如微处理器)和相关联的存储器和存储装置(例如,只读、可编程只读、随机存取、硬盘驱动器、有形等)、组合逻辑电路、输入/输出电路和装置等(无论是驻车的、远程的还是两者的组合)中的一者或多者的任何一种或多种组合。

[0091] 车辆控制器23可以是被编程为执行一个或多个软件或固件程序或例程的集成电路(IC)硬件(例如使用适当的信号调节和缓冲电路系统)以及其它部件来提供所描述的功能。软件、固件、程序、指令、例程、代码、算法和相似的术语可被限定成意指包括校准和查找表的任何控制器可执行的指令集合。控制器可以设计有被执行以提供一个或多个期望功能的控制例程的集合。控制例程诸如由中央处理单元执行,并且可操作以监视来自感测装置和其它网络控制模块的输入,并执行控制和诊断例程以控制装置和致动器的操作。在正在进行的车辆使用期间,例程可实时地、连续地、系统地、零星地和/或以规则间隔(例如各自100微秒、3.125、6.25、12.5、25和100毫秒等)执行。替代地,可响应于在车辆10的操作期间事件的发生来执行例程。

[0092] 可选择性地操作为无级变速器的图1的EVT 18包括多个齿轮系,诸如第一行星齿轮组(PGS)22、第二PGS 24和齿轮系44,并且通过并入复合行星齿轮布置结构20来帮助限定复合功率分流混合式功力总成11架构。该复合行星齿轮布置结构20由第一PGS 22的两个构件可操作地连接到第二PGS 24的两个构件组成。第一PGS 22由环形齿轮构件28、行星架构件30和太阳齿轮构件32组成。一个或多个行星齿轮29与环形齿轮28相互啮合并安装在行星架构件30上,而太阳齿轮构件32与行星齿轮29相互啮合并与环形齿轮28同心地对准。在这方面,第二PGS 24包括环形齿轮构件34、行星架构件36和太阳齿轮构件38。一个或多个行星齿轮35与环形齿轮34相互啮合并安装在行星架构件36上,而太阳齿轮构件38与行星齿轮35相互啮合并与环形齿轮34同心地对准。第二齿轮组24的行星架构件36与第一齿轮组22的太阳齿轮构件32互连,例如以与其一起旋转。第二齿轮组24的环形齿轮构件34与第一齿轮组22的行星架构件30互连,例如以与其一起旋转。最后,第一齿轮组22的环形齿轮构件28被示出为与分动齿轮系44互连。EVT 18的接合点由可选择和固定的互连表示,使得当可选择的扭矩传输装置C-0、C-1、C-2、C-3和C-4单独地且以选定组合的方式接合和分离时,所得结构有效地生成多接合点杠杆。

[0093] 如图1中所描绘,发动机12和第一马达/发电机单元14或至少其相应扭矩传输输出轴可以安置成在共同的第一旋转轴线A1上旋转。相反地,第二马达/发电机单元16或至少其扭矩传输输出轴可安置成在第二旋转轴线A2上旋转。根据图示的示例,第一轴线A1基本上平行于第二轴线A2。图1的齿轮系44配置成在对应接合点处将第二马达/发电机单元16可操作地连接到复合行星齿轮布置结构20。齿轮系44可配置为单级抑或两级平行轴齿轮组或配置为第三PGS。

[0094] 发动机12、第一MGU 14和第二MGU 16经由输入构件布置结构可操作地连接到EVT 18,输入构件布置结构在牵引动力源与复合行星齿轮布置结构20之间传输扭矩。通过非限

制性示例,输入构件布置结构包括:发动机12的发动机输出轴,其用作发动机输入/输出构件46;第一MGU 14的转子,其用作第一马达输入/输出构件48;以及第二MGU 16的转子,其用作第二马达输入/输出构件50。发动机输入/输出构件46向EVT 18提供发动机扭矩,而马达输入/输出构件48、50从其相应的马达/发电机单元14、16向EVT 18提供扭矩。可操作地连接到发动机12的输入/输出轴46的阻尼器组件64配置成吸收由发动机12生成的扭转振动,然后可以这种振动可以被传输给EVT 18的行星齿轮布置结构20。

[0095] 可期望第一马达输入构件48(例如,经由扭矩传输装置C-0)连续地连接或可选择性地连接到太阳齿轮构件38。第二马达输入构件50可(例如,经由扭矩传输装置C-4)连续地连接或可选择性地连接到齿轮系44。EVT 18还包括输出构件52,其可以具有变速器输出轴的性质,该输出构件连续地连接或可选择性地连接到第三接合点。为了发动和推进车辆10,输出构件52可操作以从复合行星齿轮布置结构20向最终驱动系统13传输扭矩,在本文中该最终驱动系统由差速器17、驱动轮19和车轴25表示。当以电动发电机模式操作时,可以通过从最终驱动系统13通过输出构件52和EVT 18向MGU 14、16传递扭矩来实现再生制动。

[0096] ICE组件12操作以例如在“仅发动机”操作模式下独立于牵引马达14和16推进车辆10,或例如在“马达提高”和/或“马达发动”操作模式下与马达14和16中的一者或两者协作地推进车辆。在图1所描绘的示例中,ICE组件12可以是任何可用的或以后开发的发动机,诸如二冲程或四冲程压缩点火柴油发动机或四冲程火花点火汽油或弹性燃料发动机,这些发动机容易适于通常以每分钟数转(RPM)提供其功率输出。尽管在图1中未明确描绘,但应了解,最终驱动系统13可采用任何可用的配置,包括前轮驱动(FWD)布局、后轮驱动(RWD)布局、四轮驱动(4WD)布局、全轮驱动(AWD)布局等。

[0097] 接下来转向图2,示出了车载可再充电能量存储系统(RESS) 115,其适于存储用于推进电驱车辆(诸如图1的混合动力车辆10)的高压电能。RESS 115可以是额定为近似400到800 VDC或更高的深循环的高安培容量的电池系统,例如取决于期望的车辆范围、车辆总重和从RESS 115汲取电力的各种负载的额定功率。为此,RESS 115可包括多个高压的可独立再充电的电池组121A和121B,这些高压的可独立再充电的电池组可选择性地电连接到一个或多个多相电机,诸如三相牵引马达114。虽然为了说明简单起见,在图2中示出了仅两个牵引电池组121A、121B和一个牵引马达114,但在RESS 115内可使用三个或更多个电池组来为多个牵引马达提供动力。

[0098] 第一(B1)和第二(B2)牵引电池组121A、121B可相对于高压DC总线条160和功率逆变器162并联地电连接,以用于控制向牵引马达114的电能传输和来自该牵引马达的电能传输。每个电池组121A、121B配备有电池电芯的相应堆叠162A和162B,包括锂离子电芯、锂聚合物电芯或提供足够高功率密度以及任何必要的导电性电池支撑结构和电流调节硬件的任何其它可再充电电化学电芯。每个电池组121A、121B中的电池电芯162A、162B的数量和布置结构可随RESS 115的预期应用而变化,例如,在某些高压应用中使用的每个电池组有96个或更多这种电芯。尽管在外观上有所不同,但是图2的RESS 115可包括上文参考图1的车辆电池系统15描述的任何选项和特征,并且反之亦然。

[0099] 可以是变速器功率逆变器模块(TPIM)的一部分的DC到AC和AC到DC功率逆变器162经由多相绕组166连接到牵引马达114,以在马达114与电池组121A、121B之间传输电能。功率逆变器162可并入多个功率逆变器和相应的马达控制模块,这些马达控制模块可操作以

接收马达控制命令并由此控制逆变器状态以提供马达驱动或再生功能。功率逆变器162可包括半导体开关 S_{I1} - S_{I6} (在本文中也称为“逆变器开关”)集合164,这些半导体开关协作地将来自能量存储装置(电池组121A、121B)的直流(DC)功率转换成交流(AC)功率以经由高频切换为电机114提供动力。每个半导体开关 S_{I1} - S_{I6} 可具体实施为呈绝缘栅双极晶体管(IGBT)、金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)、宽带GaN装置(WBG)或具有对应栅极的其它合适的开关的形式的压控双极开关装置,向其施加栅极信号以改变给定开关的接通/关断状态。对于三相电机中的每一相,通常至少有一个半导体开关。

[0100] 牵引电池组121A、121B包括固态继电器开关或接触器 $S1$ - $S3$ (在本文中也称为“电池组接触器开关”)集合168,这些固态继电器开关或接触器独立地响应于来自合适的控制器或专用控制器模块的信号以控制电池系统115的电输出。接触器/开关 $S1$ - $S3$ 适于在电力负载下闭合,以便确保向车辆的推进系统瞬时或近乎瞬时地输送电力,并驱动任何数量的车载配件。如同功率逆变器162内的半导体逆变器开关164一样,电池组接触器开关168可由高效切换装置构成,诸如宽间隙氮化镓(GaN)或碳化硅(SiC)MOSFET、IGBT或其它合适的电子装置。第一电池组接触器开关 $S1$ 与第一牵引电池组121A电串联,并且与第二牵引电池组121B电并联。在这方面,第二电池组接触器开关 $S2$ 与第二牵引电池组121B电串联,并且与第一牵引电池组121A电并联。相反,第三电池组接触器开关 $S3$ 与两个牵引电池组121A、121B电串联。直流电池输出电压分别跨正电压总线轨170A和负电压总线轨170B输送,其中,固定型DC总线电容器172与两个牵引电池组121A、121B电并联地放置。

[0101] 为了帮助高速车辆操作下提高马达的电效率并增加动力总成推进功率,提出了电池组V-切换系统和附带的控制逻辑,以用于调节混合动力和电动机动车辆中的多个牵引电池组的电压输出。V-切换可在恒定扭矩范围期间(例如,当实时测量的电机(马达)速度低于存储器存储的校准的基本机器(马达)速度时)实施。如果机器速度低于该阈值至少预定的高速偏移值(HS),则可关断(即断开)所有电池组到马达的逆变器开关,以将电池组与驱动系统解耦。关断这些逆变器开关可导致零电机电流和零电机转矩,同时附随地阻挡去往/来自电机的电池组电流。该特征在预定的动力总成操作条件下将电池组与逆变器和驱动系统解耦和隔离。对于至少一些实施例,电机基本速度是机器特定的,其通过台架测试和电机设计来确定。对于给定的电机,基本速度对于给定的电压可以是固定的,作为例如电机仍然产生全转矩的最高速度。对于该应用,可以将阈值设置为低于校准的电机基本速度,以确保可靠和安全的系统操作。

[0102] 在电驱动动力总成操作期间,可实施总线电压平衡,例如,以稳定跨功率逆变器的一个或多个中性点的电压。通过示例而非限制,断开所有电池组到马达逆变器的开关(例如,在V-切换事件之前)操作以将车辆的电驱动系统与车辆的电池系统隔离。在高电压(例如800 V)到低电压(例如400 V)的V-切换事件期间,存储在一个或多个总线电容器中的能量选择性地放电到电池系统的牵引电池组中。在图2中所提出的代表性架构中,该操作可以通过以下方式来实现:断开所有六个半导体逆变器开关 S_{I1} - S_{I6} ,然后断开第三电池组接触器开关 $S3$,并且然后闭合第一电池组接触器开关 $S1$ 和第二电池组接触器开关 $S2$ 。这样,电池组121A、121B与功率逆变器162和马达114断开连接,并与DC总线电容器172电并联地放置。在低电压(例如400 V)到高电压(例如800 V)的V-切换事件(例如,用于DC快速充电)期间,可从电池系统对电容器进行预充电(例如,在近似400 V至800 V的初始电压下)。在图2所提

出的代表性架构中,该操作可以通过以下方式来实现:断开所有六个半导体逆变器开关SI1-SI6,然后操作断开第一电池组接触器开关S1和第二电池组接触器开关S2,并且然后操作闭合第三电池组接触器开关S3,例如在线性范围内以将电容器浪涌电流保持在可接受的范围内。这样,电池组121A、121B与功率逆变器162和马达114断开连接,并与DC总线电容器172电串联地放置。

[0103] 对于总线电压平衡,可期望首先确认所得的充电/放电电流在电池组校准的可接受极限内,或任选地,在预定的线性范围内操作一个或多个闭合的电池组接触器开关以控制充电/放电电流。例如,图2的牵引电池组121A、121B的相应实时电流可使用专用电流传感器174A和174B来测量,这些专用电流传感器可集成在对应的电池组的电池外壳内。电池组校准的可接受极限可以被设置为可从对应的电池规格获得的最大电池组充电/放电电流。该最大电池组电流可被设置成减轻电池组的过热或过度充电,并避免在维持可接受的最短充电时间的同时将任何电池组接触器开关焊接关上。在这种情况下,车辆控制器可测量每个电池组的相应总充电电流;一旦被测量,RESS 115就评估这些所测量的总充电电流中的每一者是否小于电池系统校准的充电电流最大值。

[0104] 在线性范围内操作电池组接触器开关以减小充电/放电电流可包括将对固态开关的输入控制在确定为保持该开关完全关断的水平(例如,开关电流 < 0.1 毫安(mA))或保持该开关完全接通的水平(例如,开关电压降 < 2 V的饱和电压)。例如,硅IGBT可跨其栅极和发射极端子使用约0 V至-15 V的电压来维持完全关断状态,以及跨其栅极和发射极端子使用约12 V至18 V之间的电压来维持完全接通状态。有可能将跨栅极和发射极端子的电压控制成高于阈值电压(例如5 V)的电压,以使装置开始传导充电/放电电流,但是具有与电流近似成比例的压降。装置的线性模式操作因此可施加大于维持不变的IGBT的饱和电压的电压,同时通过调节跨栅极和发射极端子的电压(例如在5 V至10 V之间)来传导受控量的电流。

[0105] 为了帮助确保安全且可靠的V-切换操作,可有必要识别每个电池组接触器开关的开关状态,以帮助进行故障安全的接触器开关排序。再次参考图2的系统架构,从高压(例如800 V)到低压(例如400 V)的V-切换操作可包括首先断开第三电池组接触器开关S3,并且然后闭合第一电池组接触器开关S1和第二电池组接触器开关S2。随后断开开关S1和S2,使得所有三个开关S1-S3断开;传感器174A、174B同时测量第一牵引电池组121A和第二牵引电池组121B的电流。如果两个所测量的电流都达到零,则车辆电池系统(RESS)115可以确认开关S3处于断开状态。之后,例如在DC总线电容器172的放电期间,开关S1和S2可闭合以确定电池组电流是否从零改变为某个值。如果它们是,则车辆电池系统(RESS)115可以确认开关S1和S2处于闭合状态。在低电压(例如400 V)到高电压(例如800 V)的V-切换事件期间,第一电池组接触器开关S1和第二电池组接触器开关S2首先断开,并且然后第三电池组接触器开关S3闭合。随后断开开关S3,使得所有三个开关断开;传感器174A、174B同时测量第一牵引电池组121A和第二牵引电池组121B的电流。如果这些测量电流都达到零,则车辆电池系统(RESS)115可以确认开关S1和S2处于断开状态。之后,再次闭合S3,并测量电池组电流以确认它们从零改变为某个值,例如,以对DC总线电容器172充电。如果它们是,则车辆电池系统(RESS)115可以确认开关S3闭合。

[0106] 在电驱动动力总成操作期间,可期望在确定一个或多个电池系统开关已经发生故

障时实施开关故障操作协议。当确定第三电池组接触器开关S3在高至低电压V-切换期间不能断开时,例如,车辆电池系统(RESS)115可默认维持高电压(例如800 V)系统配置:S1 =断开;S2 =断开;S3 =闭合。同样,当确定第一电池组接触器开关S1和/或第二电池组接触器开关S2在高至低V-切换期间在开关S3断开之后不能闭合时,车辆电池系统(RESS)115可默认回到高压系统配置。同样,当确定由于电池故障导致封装电压不能平衡时,车辆电池系统(RESS)115可自动恢复回到高压系统配置。当确定第一电池组接触器开关S1和/或第二电池组接触器开关S2在低至高电压V-切换期间不能断开时,车辆电池系统(RESS)115可自动默认为低电压(例如,400 V)系统配置:S1 =闭合;S2 =闭合;S3 =断开。类似地,当确定电池组接触器开关S3在开关S1和S2断开之后不能闭合时,RESS 115可默认回到低压系统配置。

[0107] 现在参考图3的流程图,根据本公开的各方面,大体上以200描述了用于控制电驱车辆(诸如图1的汽车10)的多个牵引电池组(诸如图1的电池组21A、21B或图2的电池组121A、121B)的电压输出的改进的方法或控制策略。图3中图示并在下文进一步详细描述的一些或全部操作可以代表对应于处理器可执行指令的算法,该处理器可执行指令可以例如存储在主存储器、或辅助存储器或远程存储器中,并且例如由车载或远程控制器、处理单元、控制逻辑电路或其它模块、装置和/或装置网络执行,以执行与所公开的概念相关联的上文或下文描述的功能中的任一者或全部。应当认识到,可改变图示的操作块的执行顺序,可以添加额外的块,并且可以修改、组合或消除所描述的一些块。

[0108] 方法200从图3的端子块201处开始,其利用用于可编程控制器或控制模块或类似的合适处理器的处理器可执行的指令来调用用于实时电池组V-切换协议的初始化程序,该协议在驱动系统操作期间实现动态的电池组与电池组的电压切换。虽然设想为与电池组级的电芯到电芯的切换技术互补,但是所图示的控制方法200可旨在用于系统级的电池组与电池组的电压切换。该例程可在主动车辆操作期间实时地、连续地、系统地、零星地和/或以规则间隔执行。作为另一选项,端子块201可响应于来自用户的命令提示信号或来自后端或中间件计算节点的广播提示信号而初始化,该后端或中间件计算节点例如负责收集、分析、分类、存储和分配车辆数据。控制系统可以可操作,以接收、处理和合成相关的信息和输入,并执行控制逻辑和算法来调节各种动力总成部件以实现控制目标。在这方面,车辆控制器23可具体实施为由TPIM、变速器控制模块(TCM)、发动机控制模块(ECM)和/或电池组控制模块(BPCM)以及集成的混合动力控制模块(HCP)组成的分布式控制器架构,该分布式控制器架构提供上述模块的分级控制和协调。

[0109] 在电池组V-切换协议初始化之后,方法200在过程块203处提供处理器可执行指令,以使车辆控制器或专用控制模块接收电压切换请求,以将电池系统的总输出电压从第一电压改变为第二电压(例如,从400 V改变为800 V或从800 V改变为400 V)。例如,通过可操作地连接到车载装置的网络的合适的人机界面(HMI),车辆操作员可通过对具有所得电压调节的期望的扭矩输出的请求来引导动力总成的操作以支持任何相关联的负载改变。示例性车辆HMI装置包括加速器踏板、制动踏板、变速器档位选择器和车速巡航控制选择器。每个前述HMI装置都经由局域网(LAN)总线与远程和/或驻车控制模块、传感器、装置和致动器进行通信。对于控制器自动(自主)驾驶操纵,电压切换请求可经由动力总成控制模块(PCM)传输到BPCM。

[0110] 响应于电压切换请求,方法200在决策块205处确定电机速度(例如,图1的第一马

达轴48和/或第二马达轴50的旋转速度)是否比机器校准的基本机器速度小至少预定的高速偏移值(HS)(例如,近似1.5%或更多)。每个MGU 14、16可配备有用于监视马达操作的各种感测装置,包括具有指示旋转位置(例如角度和/或速度(RPM))的输出的轴传感器(未示出)。如果MGU 14、16中的任一者正在以基本机器速度的速度操作或高于基本机器速度的速度操作(块205 =否),则图3的方法200移动到过程块207,删除或以其它方式忽略电压切换请求,并且然后前进到端子块209,并终止或循环回到端子块201。

[0111] 当确定电机速度比校准的基本机器速度小至少预定的HS偏移值时(块205 =是),在过程块211处,电池系统自动使牵引电池组与车辆的电驱动系统断开电连接。根据图示的示例,图1的驻车车辆控制器23可向TPIM功率逆变器162发射一个或多个电池组隔离信号,该TPIM功率逆变器进而有条理地断开图2的半导体开关 S_{11} - S_{16} 集合164,由此牵引电池组121A、121B与牵引马达114断开电连接。在过程块211处隔离牵引电池组之后,方法200继续前进到决策块213,以评估DC总线(诸如图2的高压DC总线160)的测量的实时总线电流,以确定所测量的总线电流是否小于系统校准的总线电流阈值。该总线电流阈值可以是相对较小的值,例如约为5.0安培(A)或更小。通常,在断开逆变器开关之后,DC总线电流将在小于一(1)毫秒(ms)的时间内迅速减小到零(0)A。如果所测量的总线电流尚未减小到总线电流阈值以下(块213 =否),则RESS 115可以连续循环运行以测量总线电流,直到其降至该阈值以下为止。

[0112] 在确认DC总线电流已经下降到总线电流阈值以下(块213 =是)之后,方法200的过程块215为车辆控制器提供存储器存储的处理器可执行指令,以取决于V-切换是高到低还是低到高的电压切换操作来命令断开电池组接触器开关S1-S3中的一者或多者。在操作图1的汽车10时,车辆操作员可能期望减小车速,并且因此减小马达扭矩需求。马达扭矩需求的减小导致车辆电池系统负载的减小;车辆电池系统(RESS)115相应地降低电池系统输出电压(例如,从800 V至400 V)。在这种情况下,在过程块215处,车辆控制器23发射开关断开信号以断开第三电池组接触器开关S3。在另一方面,车辆操作员可能期望增大车速以及附随地增大马达扭矩需求并且增大电池系统负载。因此,车辆电池系统(RESS)115相应地提高电池系统输出电压(例如,从400 V到800 V)。在这种情况下,在过程块215处,车辆控制器23发射开关断开信号以断开第一电池组接触器开关S1和第二电池组接触器开关S2。

[0113] 继续参考图3,方法200前进到决策块217,以查明每一个牵引电池组的所测量的实时电池组电流是否小于或等于电池组校准的电流阈值(例如,零(0)安培)。图1的车辆控制器23可提示图2的电流传感器174A和174B监视牵引电池组121A、121B的电流输出。如果任何所测量的电池组电流都不等于电池组电流阈值(块217 =否),则RESS 115可连续循环运行以重复测量和比较电池组电流,直到确认所有电池组电流处于或低于该阈值(例如,已达到零安培)为止。一旦RESS 115能够确认电池组电流为零(块217 =是),则方法200移动到块219,并发射(第一)脉冲宽度调制(PWM)信号以调制在过程块215处未断开的电池组接触器开关的相应脉冲宽度。由于所有三个电池组接触器开关S1-S3都是电源开关,所以RESS 115可调节每个开关闭合的单独脉冲宽度(例如,在约5%到95%之间),以将平均充电或放电电流控制成小于电池组电流极限以对电容器172充电和放电。

[0114] 在使用PWM控制来控制将闭合的电池组接触器开关之前、同时或之后,方法200继续到决策块221,以评估总线电容器(诸如图2的DC总线电容器172)的测量的实时电容器电

压,以便确定所测量的电容器电压是否小于或大于电池组校准的电容器电压阈值。该电容器电压阈值可以设置为电容器特定电压值,在该电容器特定电压值处,总线电容器电压接近电池电压(例如,当从400 V切换到800 V时为800 V)。对于从高到低V-切换操作,RESS 115可确定所测量的电容器电压是否小于电容器电压阈值。反之,对于低到高V-切换操作,RESS 115可确定所测量的电容器电压是否大于电容器电压阈值。从对测量的实时电容器电压的评估得出的否定确定(块221 =否)使方法200循环回到过程块219,并继续调制要闭合的电池组接触器开关的脉冲宽度。

[0115] 在确认在高到低(或低到高)的V-切换操作期间测量的电容器电压小于(或大于)电容器电压阈值之后(块221 =是),方法200的过程块223提供用于车辆控制器的存储器存储的处理器可执行指令,以取决于V-切换是高到低还是低到高电压切换操作来命令闭合电池组接触器开关S1-S3中的一者或多者。对于电池系统输出电压(例如,从800 V到400 V),在过程块223处,车辆控制器23发射开关闭合信号以闭合第一电池组接触器开关S1和第二电池组接触器开关S2。在另一方面,车辆控制器23在过程块223处发射开关闭合信号以闭合第三电池组接触器开关S3,以便提高电池系统输出电压(例如,从400 V提高到800 V)。在过程块225处,方法200实现逆变器PWM控制。例如,向图2的功率逆变器162发射(第二)PWM信号,以调制逆变器开关 S_{11} - S_{16} 的相应脉冲宽度,以将由两个牵引电池组121A、121B输出的总DC电压逆变成传输给牵引马达114的期望的AC电压,以实现所请求的扭矩输出。此后,方法200可以进行到端子块209,并且终止或循环回到端子块201,并重复上述操作。

[0116] 在一些实施例中,可通过计算机可执行指令程序(诸如程序模块)来实施本公开的各方面,这些程序模块大体上称为由本文描述的控制或控制器变型中的任一者中执行的软件应用或应用程序。在非限制性示例中,软件可包括执行特定任务或实施特定数据类型的例程、程序、对象、部件和数据结构。软件可以形成接口以允许计算机根据输入源做出反应。软件还可以与其它代码段协作以响应于结合接收到的数据的源接收到的数据来发起各种任务。软件可存储在各种存储介质中的任一种上,诸如CD-ROM、磁盘、磁泡存储器和半导体存储器(例如各种类型的RAM或ROM)。

[0117] 此外,可用各种计算机系统和计算机网络配置(包括多处理器系统、基于微处理器的或可编程消费电子设备、小型计算机、大型计算机等)来实践本公开的各方面。另外,还可在分布式计算环境中实践本公开的各方面,在分布式计算环境中,由通过通信网络链接的驻车和远程处理装置来执行任务。在分布式计算环境中,程序模块既可位于本地计算机存储介质(包括存储器存储装置)中又可位于远程计算机存储介质(包括存储器存储装置)中。因此,可以在计算机系统或其它处理系统中结合各种硬件、软件或其组合来实施本公开的各方面。

[0118] 本文描述的任何方法可包括机器可读指令,以用于通过以下来执行:(a)处理器、(b)控制器和/或(c)任何其它合适的处理装置。本文公开的任何算法、软件、控制逻辑、协议或方法可具体实施为存储在有形介质(诸如例如闪速存储器、CD-ROM、软盘、硬盘驱动器、数位光碟(DVD)或其它存储器装置)的软件。整个算法、控制逻辑、协议或方法和/或其部分可以替代地由除控制器之外的装置执行和/或以可用方式在固件或专用硬件中具体实施(例如,通过专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑装置(PLD)、现场可编程逻辑装置(FPLD)、离散逻辑等实施)。此外,尽管参考本文描述的流程图描述了特定算法,但是可以替代地使用用于

实施示例机器可读指令的许多其它方法。

[0119] 已经参考图示的实施例详细描述了本公开的各方面；然而，本领域的技术人员将认识到，在不脱离本公开的范围的情况下可以对其做出许多修改。本公开不限于本文公开的精确构造和组成；从前述描述显而易见的任何和所有修改、改变和变型都在如由所附权利要求书限定的本公开的范围之内。此外，本概念明确地包括前述元素和特征的任何和所有组合和子组合。

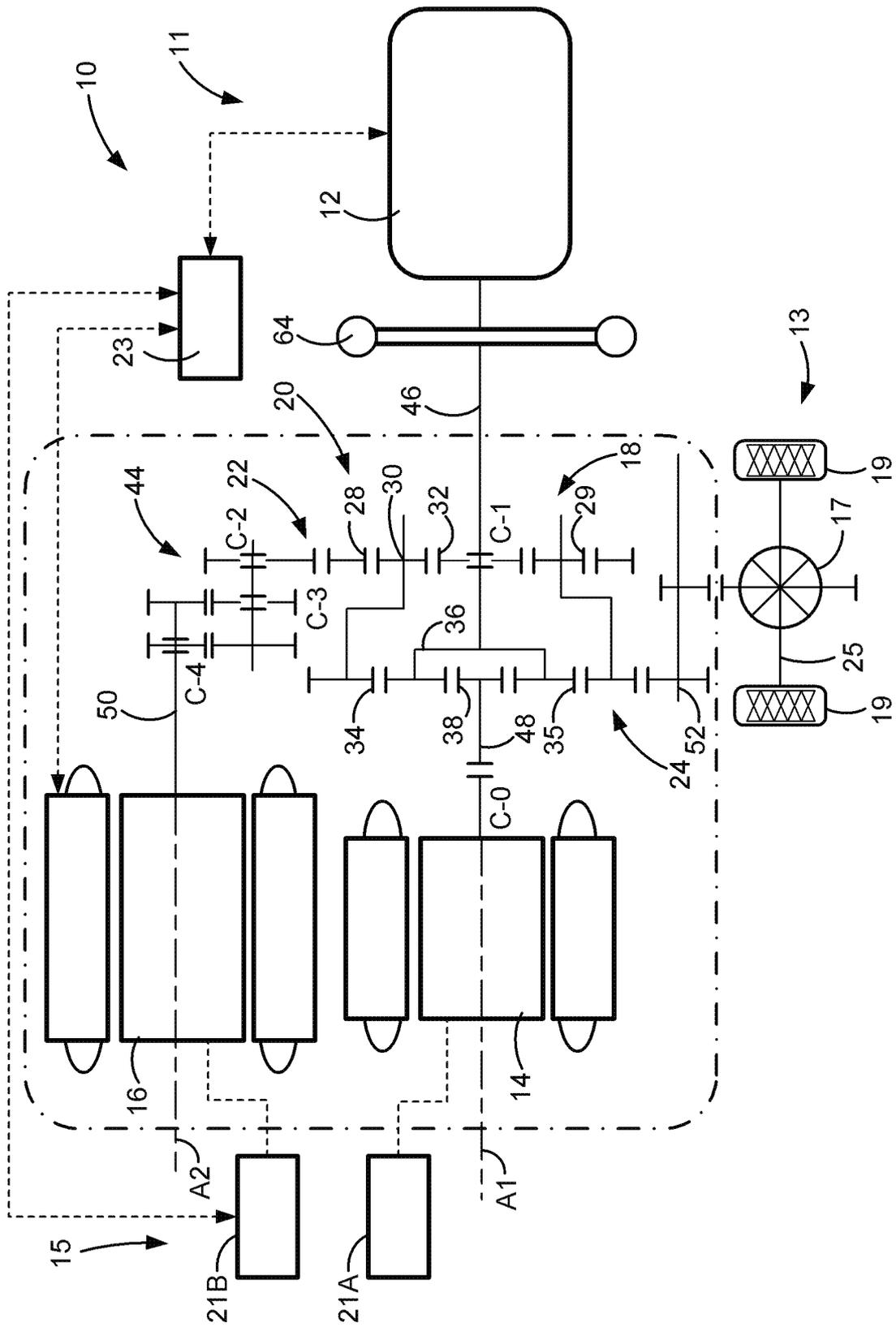


图 1

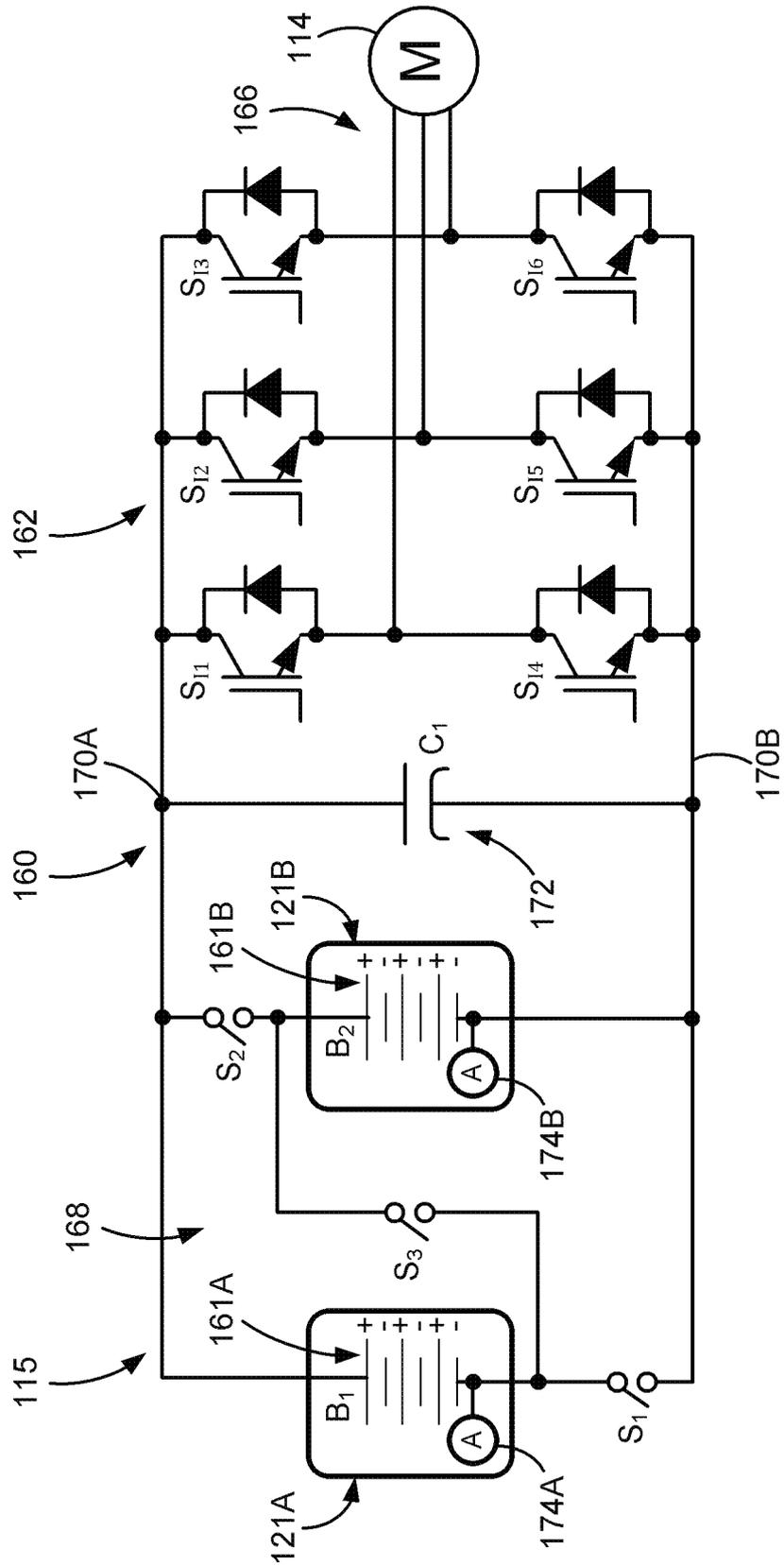


图 2

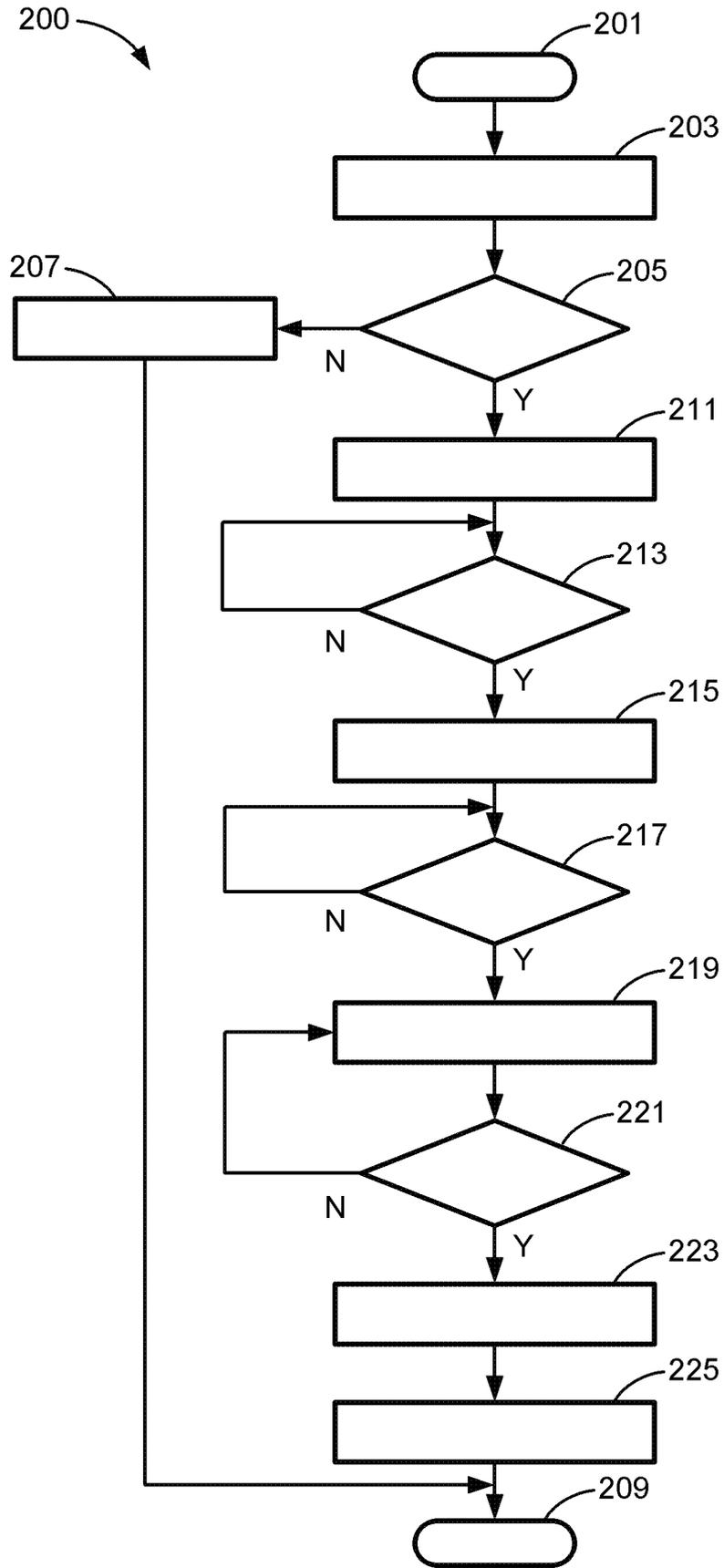


图 3