



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114347808 B

(45) 授权公告日 2024.03.26

(21) 申请号 202110511883.2

(22) 申请日 2021.05.11

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114347808 A

(43) 申请公布日 2022.04.15

(30) 优先权数据
17/034445 2020.09.28 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 M·J·金 D·迪普 J·刘 A·尤
D·J·贝利

(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 刘桢 王丽辉

(51) Int.Cl.

B60L 15/32 (2006.01)

B60L 15/20 (2006.01)

B60L 3/00 (2019.01)

B60L 3/12 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106143466 A, 2016.11.23

CN 110001621 A, 2019.07.12

CN 109878345 A, 2019.06.14

CN 107487230 A, 2017.12.19

CN 108602452 A, 2018.09.28

CN 102398507 A, 2012.04.04

CN 107021090 A, 2017.08.08

审查员 黄祎

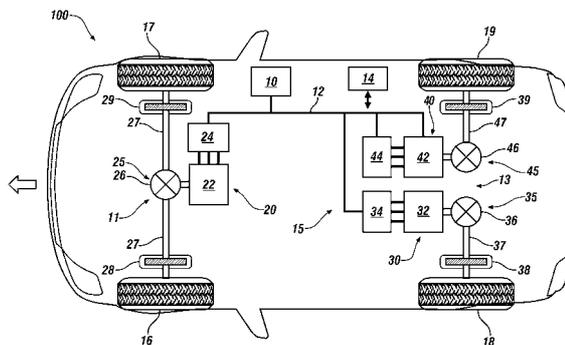
权利要求书4页 说明书13页 附图5页

(54) 发明名称

用于控制交通工具的多模式动力系统的方
法和装置

(57) 摘要

本发明涉及用于控制交通工具的多模式动
力系统的方法和装置。描述了一种交通工具,其
包括具有第一驱动单元和第二驱动单元的多模
式动力系统。控制器布置成监测高电压DC功率
总线并与第一和第二逆变器通信并且可操作地
连接到第一和第二逆变器。控制器能够:检测第
一逆变器或第二逆变器中的一个在非受控发电
(UCG) 模式下的操作;确定与第一逆变器或第
二逆变器中的一个在UCG模式下的操作相关联
的传动系扭矩;并且确定抵消与第一逆变器或
第二逆变器中的一个在UCG模式下的操作相关
联的传动系扭矩所需的补偿扭矩。控制器可进
一步操作来检测可以引起非预期横向运动
(ULM) 的故障并且基于此来控制逆变器的扭
矩输出。



1. 一种交通工具,包括:

第一和第二驱动单元,其经由电连接到DC功率源的高电压DC功率总线电连接到DC功率源;

其中,所述第一驱动单元包括第一逆变器和联接到第一传动系的第一电机,其中,所述第一传动系布置成将扭矩传递到所述交通工具的前轮;

其中,所述第二驱动单元包括第二逆变器和联接到第二传动系的第二电机,其中,所述第二传动系布置成将扭矩传递到所述交通工具的后轮;并且

其中,所述高电压DC功率总线电连接到所述第一和第二逆变器;和

控制器,其布置成监测所述高电压DC功率总线,并且与所述第一和第二逆变器通信并可操作地连接到所述第一和第二逆变器,所述控制器包括指令集,所述指令集能够执行以:

检测所述第一逆变器或所述第二逆变器中的一个在非受控发电模式下的操作,

确定与所述第一逆变器或所述第二逆变器在所述非受控发电模式下的所述操作相关联的传动系扭矩,

确定抵消与所述第一逆变器或所述第二逆变器在所述非受控发电模式下的所述操作相关联的所述传动系扭矩所需的补偿扭矩,并且

基于所述补偿扭矩控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个。

2. 根据权利要求1所述的交通工具,其中,所述指令集能够执行以检测所述第一逆变器或所述第二逆变器中的一个在所述非受控发电模式下的操作包括:所述指令集能够执行以:

监测来自所述第一逆变器的第一电功率输出和监测来自所述第二逆变器的第二电功率输出,当来自所述第一逆变器的所述第一电功率输出大于第一阈值时检测所述第一逆变器在所述非受控发电模式下的操作,并且

当来自所述第二逆变器的所述第二电功率输出大于第二阈值时检测所述第二逆变器在所述非受控发电模式下的操作。

3. 根据权利要求2所述的交通工具,其中,所述指令集能够执行以监测来自所述第一逆变器的第一电功率输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电功率输出大于第一阈值时检测所述第一逆变器在所述非受控发电模式下的操作包括:所述指令集能够执行以监测来自所述第一逆变器的第一电压输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电压输出大于第一阈值电压时检测所述第一逆变器在所述非受控发电模式下的操作,其中,所述第一阈值电压基于与所述DC功率源相关联的限制来确定。

4. 根据权利要求2所述的交通工具,其中,所述指令集能够执行以监测来自所述第一逆变器的第一电功率输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电功率输出大于第一阈值时检测所述第一逆变器在所述非受控发电模式下的操作包括:所述指令集能够执行以监测来自所述第一逆变器的第一电流输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电流输出大于第一阈值电压时检测所述第一逆变器在所述非受控发电模式下的操作,其中,所述第一阈值电流基于与所述DC功率源相关联的限制来确定。

5. 根据权利要求1所述的交通工具,其中,所述指令集能够执行以基于所述补偿扭矩来控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个包括:所述指令集能够执行以控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个来抵消由所述第一逆变器或所述第二逆变器在

所述非受控发电模式下的所述操作产生的所述传动系扭矩。

6. 根据权利要求5所述的交通工具,其中,所述指令集能够执行以控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个来抵消由所述第一逆变器或所述第二逆变器在所述非受控发电模式下的所述操作产生的所述传动系扭矩包括:所述指令集能够执行以控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个,以将所述高电压DC功率总线上的净DC电流控制在允许的限制内,从而防止在所述DC功率源处的过电压或过电流状况。

7. 根据权利要求1所述的交通工具,还包括所述指令集能够执行以禁用所述第一和第二逆变器在再生制动模式下的操作。

8. 一种用于控制交通工具的多模式动力系统的方法,包括:

将所述多模式动力系统布置成包括联接到第一电机的第一逆变器和联接到第二电机的第二逆变器,所述第一电机联接到第一传动系,其中,所述第一传动系布置成将扭矩传递到与所述交通工具的第一轮轴相关联的第一轮,所述第二电机联接到第二传动系,其中,所述第二传动系布置成将扭矩传递到与所述交通工具的第二轮轴相关联的第二轮,并且其中,所述第一和第二电机电连接到高电压DC功率总线;

检测所述第一逆变器或所述第二逆变器中的一个在非受控发电模式下的操作;

确定与所述第一逆变器或所述第二逆变器中的所述一个在所述非受控发电模式下的所述操作相关联的传动系扭矩;

确定抵消与所述第一逆变器或所述第二逆变器中的所述一个在所述非受控发电模式下的所述操作相关联的所述传动系扭矩所需的补偿扭矩;和

基于所述补偿扭矩控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,检测所述第一逆变器或所述第二逆变器中的一个在所述非受控发电模式下的操作包括:

监测来自所述第一逆变器的第一电功率输出和监测来自所述第二逆变器的第二电功率输出;

当来自所述第一逆变器的所述第一电功率输出大于第一阈值时检测所述第一逆变器在所述非受控发电模式下的操作;和

当来自所述第二逆变器的所述第二电功率输出大于第二阈值时检测所述第二逆变器在所述非受控发电模式下的操作。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中,监测来自所述第一逆变器的第一电功率输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电功率输出大于第一阈值时检测所述第一逆变器在所述非受控发电模式下的操作包括:监测来自所述第一逆变器的第一电压输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电压输出大于第一阈值电压时检测所述第一逆变器在所述非受控发电模式下的操作,其中,所述第一阈值电压基于与所述高电压DC功率总线相关联的限制来确定。

11. 根据权利要求9所述的方法,其中,监测来自所述第一逆变器的第一电功率输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电功率输出大于第一阈值时检测所述第一逆变器在所述非受控发电模式下的操作包括:监测来自所述第一逆变器的第一电流输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电流输出大于第一阈值电压时检测所述第一逆变器在所述非受控发电模式下的操作,其中,所述第一阈值电流基于与所述高电压DC功率总线相关联的

限制来确定。

12. 根据权利要求8所述的方法,其中,基于所述补偿扭矩来控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个包括:控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个来抵消由所述第一逆变器或所述第二逆变器在所述非受控发电模式下的所述操作产生的所述传动系扭矩。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中,控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个来抵消由所述第一逆变器或所述第二逆变器在所述非受控发电模式下的所述操作产生的所述传动系扭矩包括:控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个,以将所述高电压DC功率总线上的净DC电流控制在允许的限制内,从而防止过电压或过电流状况。

14. 根据权利要求8所述的方法,还包括禁用所述第一和第二逆变器在再生制动模式下的操作。

15. 一种交通工具的多模式动力系统,包括:

第一驱动单元,其包括联接到第一电机的第一逆变器,所述第一电机布置成驱动第一交通工具轮;

第二驱动单元,其包括联接到第二电机的第二逆变器,所述第二电机布置成驱动第二交通工具轮;

高电压DC功率总线,其连接到所述第一逆变器和所述第二逆变器,并且电连接到DC功率源;和

控制器,其布置成监测所述高电压DC功率总线并且可操作地连接到所述第一逆变器和所述第二逆变器,所述控制器包括指令集,所述指令集能够执行以:

检测所述第一逆变器或所述第二逆变器中的一个在非受控发电模式下的操作,

确定与所述第一逆变器或所述第二逆变器中的所述一个在所述非受控发电模式下的所述操作相关联的传动系扭矩,

确定抵消与所述第一逆变器或所述第二逆变器中的所述一个在所述非受控发电模式下的所述操作相关联的所述传动系扭矩所需的补偿扭矩,并且

基于所述补偿扭矩控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个。

16. 根据权利要求15所述的多模式动力系统,其中,所述第一交通工具轮设置在所述交通工具的左侧或右侧中的一个上,并且其中,所述第二交通工具轮设置在所述交通工具的所述左侧或所述右侧中的另一个上。

17. 根据权利要求16所述的多模式动力系统,还包括:

所述控制器,其布置成监测所述第一驱动单元和所述第二驱动单元并且可操作地连接到所述第一和第二驱动单元;所述控制器包括指令集,所述指令集能够执行以:

检测所述第一驱动单元中的故障,其中,所述故障能够引起所述交通工具中的非预期横向运动,

监测与所述第一交通工具轮相关联的第一转速和与所述第二交通工具轮相关联的第二转速,并且

基于所述第一转速和所述第二转速控制来自所述第二驱动单元的扭矩输出。

18. 根据权利要求17所述的多模式动力系统,其中,所述指令集能够执行以确定所述第一转速大于第一阈值,并且作为响应将来自所述第二驱动单元的所述扭矩输出控制到等于

零。

19. 根据权利要求17所述的多模式动力系统,其中,所述指令集能够执行以:当所述第一转速和所述第二转速之间的差值大于阈值速度时,将来自所述第二驱动单元的扭矩输出控制到等于来自所述第一驱动单元的扭矩输出。

20. 根据权利要求17所述的多模式动力系统,还包括所述指令集能够执行以:当所述第一转速和所述第二转速之间的差值小于阈值速度时,检测所述第二驱动单元中的故障。

用于控制交通工具的多模式动力系统的方法和装置

技术领域

[0001] 本公开涉及电气化动力系统以及与其相关联的控制。

背景技术

[0002] 诸如多相电动马达/发电机的电机具有定子绕组,该定子绕组由来自逆变器模块的交流电激励,该逆变器模块电连接到高电压DC电功率总线。电机可以用作扭矩马达,以向交通工具传动系提供推进扭矩。与在交通工具系统中采用电机作为扭矩马达相关的设计和考虑包括能量消耗、响应性和驾驶性能。

[0003] 某些电机,包括逆变器驱动的永磁马达,可以在非受控发电(UCG)模式下进行操作,其中感应反电动势(EMF)超过高电压总线上存在的直流链路电压。这种操作条件可能导致电机产生不受控制的电功率,该电功率在某些操作条件下经由高电压总线传输到高电压电池。这种操作状态可能增加在高电压电池上锂电镀的可能性。当电机被配置成作为交通工具传动系的一部分来提供推进扭矩时,这种操作状态还可能增加非预期交通工具减速事件的可能性。此外,在采用多个电机作为用于交通工具推进的扭矩马达的某些交通工具上,至少一个电机中的故障可能导致交通工具的非预期横向运动(ULM)。

发明内容

[0004] 描述了一种包括多模式动力系统的交通工具,并且在一个实施例中,该交通工具包括连接到高电压DC功率总线的高电压DC功率源。多模式动力系统包括第一驱动单元和第二驱动单元,第一驱动单元具有联接到第一电机的第一逆变器,第一电机布置成驱动与第一轮轴相关联的第一轮,第二驱动单元具有联接到第二电机的第二逆变器,第二电机布置成驱动与第二轮轴相关联的第二轮。高电压DC功率总线连接到第一和第二逆变器。控制器布置成监测高电压DC功率总线,并且与第一和第二逆变器通信并可操作地连接到第一和第二逆变器。控制器包括指令集,该指令集可执行以:检测第一逆变器或第二逆变器中的一个在非受控发电(UCG)模式下的操作;确定与第一逆变器或第二逆变器中的一个在UCG模式下的操作相关联的传动系扭矩;并且确定抵消与第一逆变器或第二逆变器中的一个在UCG模式下的操作相关联的传动系扭矩所需的补偿扭矩。第一逆变器或第二逆变器中的另一个基于补偿扭矩来控制。

[0005] 本公开的一个方面包括指令集,该指令集可执行以:监测来自第一逆变器的第一电功率输出和监测来自第二逆变器的第二电功率输出;当来自第一逆变器的第一电功率输出大于第一阈值时检测第一逆变器在UCG模式下的操作;并且当来自第二逆变器的第二电功率输出大于第二阈值时检测第二逆变器在UCG模式下的操作。

[0006] 本公开的另一个方面包括指令集,该指令集可执行以:监测来自第一逆变器的第一电压输出;并且当来自第一逆变器的第一电压输出大于第一阈值电压时检测第一逆变器在UCG模式下的操作,其中第一阈值电压基于DC功率源来确定。

[0007] 本公开的另一个方面包括指令集,该指令集可执行以:监测来自第一逆变器的第

一电流输出;并且当来自第一逆变器的第一电流输出大于第一阈值电压时检测第一逆变器在UCG模式下的操作,其中第一阈值电流基于DC功率源来确定。

[0008] 本公开的另一个方面包括指令集,该指令集可执行以控制第一逆变器或第二逆变器中的另一个,从而抵消由第一逆变器或第二逆变器在UCG模式下的操作产生的传动系扭矩。

[0009] 本公开的另一个方面包括指令集,该指令集可执行以:控制第一逆变器或第二逆变器中的另一个,从而将高电压DC功率总线上的净DC电流控制在允许的限度内,以防止在高电压DC功率源处的过电压或过电流状况。

[0010] 本公开的另一个方面包括指令集,该指令集可执行以禁用第一和第二逆变器在再生制动模式下的操作。

[0011] 本公开的另一个方面包括一种用于控制交通工具的多模式动力系统的方法,该方法包括将多模式动力系统布置成包括第一驱动单元和第二驱动单元,该第一驱动单元具有联接到第一电机的第一逆变器,该第一电机联接到第一传动系,其中第一传动系布置成将扭矩传递到与交通工具的第一轮轴相关联的第一轮,该第二驱动单元具有联接到第二电机的第二逆变器,该第二电机联接到第二传动系,其中第二传动系布置成将扭矩传递到与交通工具的第二轮轴相关联的第二轮。检测第一逆变器或第二逆变器中的一个在非受控发电(UCG)模式下的操作,并且确定与第一逆变器或第二逆变器中的一个在UCG模式下的操作相关联的传动系扭矩。确定抵消与第一逆变器或第二逆变器中的一个在UCG模式下的操作相关联的传动系扭矩所需的补偿扭矩,并且基于补偿扭矩控制第一逆变器或第二逆变器中的另一个。

[0012] 本公开的另一个方面包括控制器,该控制器布置成监测第一驱动单元和第二驱动单元以检测第一驱动单元中的故障,其中该故障可能引起交通工具中的非预期横向运动(ULM)。在检测到ULM相关故障时,控制器能够监测与第一交通工具轮相关联的第一转速和与第二交通工具轮相关联的第二转速,并且基于第一转速和第二转速控制来自第二驱动单元的扭矩输出。

[0013] 本公开的另一个方面包括指令集,该指令集可执行以:确定第一转速大于第一阈值;并且响应于检测到与交通工具中的ULM相关联的故障,将来自第二驱动单元的扭矩输出控制在零扭矩或接近零扭矩。

[0014] 本公开的另一个方面包括指令集,该指令集可执行以:响应于检测到与第一驱动单元中的ULM相关联的故障,当第一转速和第二转速之间的差值大于阈值速度时,将来自第二驱动单元的扭矩输出控制到等于来自第一驱动单元的扭矩输出。

[0015] 本公开的另一个方面包括指令集,该指令集可执行以:响应于检测到与第一驱动单元中的ULM相关联的故障,当第一转速和第二转速之间的差值小于阈值速度时,检测第二驱动单元中的故障。

[0016] 本发明提供下列技术方案。

[0017] 技术方案1.一种交通工具,包括:

[0018] 第一和第二驱动单元,其经由电连接到DC功率源的高电压DC功率总线电连接到DC功率源;

[0019] 其中,所述第一驱动单元包括第一逆变器和联接到第一传动系的第一电机,其中,

所述第一传动系布置成将扭矩传递到所述交通工具的前轮；

[0020] 其中,所述第二驱动单元包括第二逆变器和联接到第二传动系的第二电机,其中,所述第二传动系布置成将扭矩传递到所述交通工具的后轮;并且

[0021] 其中,所述高电压DC功率总线电连接到所述第一和第二逆变器;和

[0022] 控制器,其布置成监测所述高电压DC功率总线,并且与所述第一和第二逆变器通信并可操作地连接到所述第一和第二逆变器,所述控制器包括指令集,所述指令集能够执行以:

[0023] 检测所述第一逆变器或所述第二逆变器中的一个在非受控发电(UCG)模式下的操作,

[0024] 确定与所述第一逆变器或所述第二逆变器在所述UCG模式下的所述操作相关联的传动系扭矩,

[0025] 确定抵消与所述第一逆变器或所述第二逆变器在所述UCG模式下的所述操作相关联的所述传动系扭矩所需的补偿扭矩,并且

[0026] 基于所述补偿扭矩控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个。

[0027] 技术方案2.根据技术方案1所述的交通工具,其中,所述指令集能够执行以检测所述第一逆变器或所述第二逆变器中的一个在所述非受控发电(UCG)模式下的操作包括:所述指令集能够执行以:

[0028] 监测来自所述第一逆变器的第一电功率输出和监测来自所述第二逆变器的第二电功率输出,当来自所述第一逆变器的所述第一电功率输出大于第一阈值时检测所述第一逆变器在所述UCG模式下的操作,并且当来自所述第二逆变器的所述第二电功率输出大于第二阈值时检测所述第二逆变器在所述UCG模式下的操作。

[0029] 技术方案3.根据技术方案2所述的交通工具,其中,所述指令集能够执行以监测来自所述第一逆变器的第一电功率输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电功率输出大于第一阈值时检测所述第一逆变器在所述UCG模式下的操作包括:所述指令集能够执行以监测来自所述第一逆变器的第一电压输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电压输出大于第一阈值电压时检测所述第一逆变器在所述UCG模式下的操作,其中,所述第一阈值电压基于与所述DC功率源相关联的限值来确定。

[0030] 技术方案4.根据技术方案2所述的交通工具,其中,所述指令集能够执行以监测来自所述第一逆变器的第一电功率输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电功率输出大于第一阈值时检测所述第一逆变器在所述UCG模式下的操作包括:所述指令集能够执行以监测来自所述第一逆变器的第一电流输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电流输出大于第一阈值电压时检测所述第一逆变器在所述UCG模式下的操作,其中,所述第一阈值电流基于与所述DC功率源相关联的限值来确定。

[0031] 技术方案5.根据技术方案1所述的交通工具,其中,所述指令集能够执行以基于所述补偿扭矩来控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个包括:所述指令集能够执行以控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个来抵消由所述第一逆变器或所述第二逆变器在所述UCG模式下的所述操作产生的所述传动系扭矩。

[0032] 技术方案6.根据技术方案5所述的交通工具,其中,所述指令集能够执行以控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个来抵消由所述第一逆变器或所述第二逆变器

在所述UCG模式下的所述操作产生的所述传动系扭矩包括:所述指令集能够执行以控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个,以将所述高电压DC功率总线上的净DC电流控制在允许的限值内,从而防止在所述高电压DC功率源处的过电压或过电流状况。

[0033] 技术方案7.根据技术方案1所述的交通工具,还包括所述指令集能够执行以禁用所述第一和第二逆变器在再生制动模式下的操作。

[0034] 技术方案8.一种用于控制交通工具的多模式动力系统的方法,包括:

[0035] 将所述多模式动力系统布置成包括联接到第一电机的第一逆变器和联接到第二电机的第二逆变器,所述第一电机联接到第一传动系,其中,所述第一传动系布置成将扭矩传递到与所述交通工具的第一轮轴相关联的第一轮,所述第二电机联接到第二传动系,其中,所述第二传动系布置成将扭矩传递到与所述交通工具的第二轮轴相关联的第二轮,并且其中,所述第一和第二电机电连接到高电压总线;

[0036] 检测所述第一逆变器或所述第二逆变器中的一个在非受控发电(UCG)模式下的操作;

[0037] 确定与所述第一逆变器或所述第二逆变器中的所述一个在所述UCG模式下的所述操作相关联的传动系扭矩;

[0038] 确定抵消与所述第一逆变器或所述第二逆变器中的所述一个在所述UCG模式下的所述操作相关联的所述传动系扭矩所需的补偿扭矩;和

[0039] 基于所述补偿扭矩控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个。

[0040] 技术方案9.根据技术方案8所述的方法,其中,检测所述第一逆变器或所述第二逆变器中的一个在所述非受控发电(UCG)模式下的操作包括:

[0041] 监测来自所述第一逆变器的第一电功率输出和监测来自所述第二逆变器的第二电功率输出;当来自所述第一逆变器的所述第一电功率输出大于第一阈值时检测所述第一逆变器在所述UCG模式下的操作;和

[0042] 当来自所述第二逆变器的所述第二电功率输出大于第二阈值时检测所述第二逆变器在所述UCG模式下的操作。

[0043] 技术方案10.根据技术方案9所述的方法,其中,监测来自所述第一逆变器的第一电功率输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电功率输出大于第一阈值时检测所述第一逆变器在所述UCG模式下的操作包括:监测来自所述第一逆变器的第一电压输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电压输出大于第一阈值电压时检测所述第一逆变器在所述UCG模式下的操作,其中,所述第一阈值电压基于与所述高电压总线相关联的限值来确定。

[0044] 技术方案11.根据技术方案9所述的方法,其中,监测来自所述第一逆变器的第一电功率输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电功率输出大于第一阈值时检测所述第一逆变器在所述UCG模式下的操作包括:监测来自所述第一逆变器的第一电流输出并且当来自所述第一逆变器的所述第一电流输出大于第一阈值电压时检测所述第一逆变器在所述UCG模式下的操作,其中,所述第一阈值电流基于与所述高电压总线相关联的限值来确定。

[0045] 技术方案12.根据技术方案8所述的方法,其中,基于所述补偿扭矩来控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个包括:控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的

另一个来抵消由所述第一逆变器或所述第二逆变器在所述UCG模式下的所述操作产生的所述传动系扭矩。

[0046] 技术方案13.根据技术方案12所述的方法,其中,控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个来抵消由所述第一逆变器或所述第二逆变器在所述UCG模式下的所述操作产生的所述传动系扭矩包括:控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个,以将所述高电压总线上的净DC电流控制在允许的限值内,从而防止过电压或过电流状况。

[0047] 技术方案14.根据技术方案8所述的方法,还包括禁用所述第一和第二逆变器在再生制动模式下的操作。

[0048] 技术方案15.一种交通工具的多模式动力系统,包括:

[0049] 第一驱动单元,其包括联接到第一电机的第一逆变器,所述第一电机布置成驱动第一交通工具轮;

[0050] 第二驱动单元,其包括联接到第二电机的第二逆变器,所述第二电机布置成驱动第二交通工具轮;

[0051] 高电压DC功率总线,其连接到所述第一逆变器和所述第二逆变器,并且电连接到DC功率源;和

[0052] 控制器,其布置成监测所述高电压DC功率总线并且可操作地连接到所述第一逆变器和所述第二逆变器,所述控制器包括指令集,所述指令集能够执行以:

[0053] 检测所述第一逆变器或所述第二逆变器中的一个在非受控发电(UCG)模式下的操作,

[0054] 确定与所述第一逆变器或所述第二逆变器中的所述一个在所述UCG模式下的所述操作相关联的传动系扭矩,

[0055] 确定抵消与所述第一逆变器或所述第二逆变器中的所述一个在所述UCG模式下的所述操作相关联的所述传动系扭矩所需的补偿扭矩,并且

[0056] 基于所述补偿扭矩控制所述第一逆变器或所述第二逆变器中的另一个。

[0057] 技术方案16.根据技术方案15所述的多模式动力系统,其中,所述第一交通工具轮设置在所述交通工具的左侧或右侧中的一个上,并且其中,所述第二交通工具轮设置在所述交通工具的所述左侧或所述右侧中的另一个上。

[0058] 技术方案17.根据技术方案16所述的多模式动力系统,还包括:

[0059] 所述控制器,其布置成监测所述第一驱动单元和所述第二驱动单元并且可操作地连接到所述第一和第二驱动单元;所述控制器包括指令集,所述指令集能够执行以:

[0060] 检测所述第一驱动单元中的故障,其中,所述故障能够引起所述交通工具中的非预期横向运动(ULM),

[0061] 监测与所述第一交通工具轮相关联的第一转速和与所述第二交通工具轮相关联的第二转速,并且

[0062] 基于所述第一转速和所述第二转速控制来自所述第二驱动单元的扭矩输出。

[0063] 技术方案18.根据技术方案17所述的多模式动力系统,其中,所述指令集能够执行以确定所述第一转速大于第一阈值,并且作为响应将来自所述第二驱动单元的所述扭矩输出控制到等于零。

[0064] 技术方案19.根据技术方案17所述的多模式动力系统,其中,所述指令集能够执行

以:当所述第一转速和所述第二转速之间的差值大于阈值速度时,将来自所述第二驱动单元的扭矩输出控制到等于来自所述第一驱动单元的扭矩输出。

[0065] 技术方案20.根据技术方案17所述的多模式动力系统,还包括所述指令集能够执行以:当所述第一转速和所述第二转速之间的差值小于阈值速度时,检测所述第二驱动单元中的故障。

[0066] 当结合附图考虑时,本教导的上述特征和优点以及其他特征和优点从下面对于执行本教导的一些最佳模式和其他实施例的详细描述中变得显而易见。

附图说明

[0067] 现在将参照附图通过示例的方式描述一个或多个实施例,其中:

[0068] 图1示意性地示出了根据本公开的包括多模式动力系统的交通工具的实施例,该多模式动力系统包括布置成将扭矩传递到前轮的第一驱动单元、布置成将扭矩传递到第一后轮的第二驱动单元和布置成将扭矩传递到交通工具的第二后轮的第三驱动单元。

[0069] 图2示意性地示出了根据本公开的包括多模式动力系的交通工具的实施例,该多模式动力系包括布置成将扭矩传递到第一前轮的第一驱动单元、布置成将扭矩传递到第二前轮的第二驱动单元、布置成将扭矩传递到第一后轮的第三驱动单元和布置成将扭矩传递到交通工具的第二后轮的第四驱动单元。

[0070] 图3示意性地示出了根据本公开的包括多模式动力系统的交通工具的实施例,该多模式动力系统包括布置成将扭矩传递到交通工具的前轮的第一驱动单元和布置成将扭矩传递到交通工具的后轮的第二驱动单元。

[0071] 图4示意性地示出了根据本公开的用于控制具有多模式动力系统的交通工具的实施例的操作的过程,包括管理非受控发电(UCG)模式下的操作和非预期横向交通工具运动(ULM)。

[0072] 图5以图表示出了根据本公开的在单体电流(安培)和单体电压(伏)方面与单个电池单体相关联的可允许的操作区域,包括阈值单体电流和阈值单体电压。

[0073] 附图不一定是按比例绘制的,并且可以呈现本文公开的本公开的各种优选特征的稍微简化的表示,包括例如特定的尺寸、取向、位置和形状。与这些特征相关联的细节将部分由特定的预期应用和使用环境决定。

具体实施方式

[0074] 如本文所描述和示出的,所公开的实施例的部件可以以各种不同的配置来布置和设计。因此,以下详细描述并不旨在限制所要求保护的本公开的范围,而是仅仅代表其可能的实施例。此外,尽管为了提供对本文公开的实施例的透彻理解而在以下描述中阐述了许多具体细节,但是一些实施例可以在没有这些细节中的一些的情况下实施。此外,为了清楚起见,没有详细描述相关技术中理解的某些技术材料,以避免不必要地模糊本公开。出于方便和清楚的目的,诸如顶部、底部、左、右、上、上方、上面、下面、下方、后部和前部的方向术语可以相对于附图使用。这些和类似的方向术语不应被解释为限制本公开的范围。此外,如本文所示和所述,本公开可以在没有本文未具体公开的元件的情况下实施。

[0075] 如本文所用,术语“系统”可以指机械和电学硬件、传感器、控制器、专用集成电路

(ASIC)、组合逻辑电路、软件、固件和/或布置成提供所述功能的其他部件中的一个或组合。

[0076] 参考附图,其中相同的附图标记在几幅图中对应于相同或相似的部件,图1、图2和图3示意性地示出了全轮驱动(AWD)交通工具的实施例,该交通工具包括多模式电气化动力系统,该多模式电气化动力系统布置成同时将推进扭矩传递到采用电气化驱动单元(以下称为“驱动单元”)的多个驱动轮,该电气化驱动单元采用电机作为原动机。交通工具可以包括但不限于商用交通工具、工业交通工具、农用交通工具、乘用车、飞行器、船只、火车、全地形交通工具、个人移动装置、机器人等形式的移动平台,以实现本公开的目的。图示的驱动轮是非限制性示例,并且包括:与第一左前(LF)轮16和第二右前(RF)轮17相关联的第一前轮轴11;以及与第三左后(LR)轮18和第四右后(RR)轮19相关联的第二后轮轴13。此外,高电压DC功率源10经由高电压总线12联接到第一驱动单元20、第二驱动单元30和第三驱动单元40。在一个实施例中,DC功率源10被配置为能够在一系列条件下充电和放电的多单体锂离子设备。出于说明的目的,示出了多模式动力系统的图示实施例。本文描述的概念可以应用于多模式动力系统的各种配置,包括能够AWD操作以同时将推进扭矩传递到一个或多个前轮和一个或多个后轮的多个驱动单元。

[0077] 现在参考图1,示意性地示出了包括多模式动力系统15的实施例的全轮驱动交通工具100。多模式动力系统15包括第一驱动单元20、第二驱动单元30和第三驱动单元40。控制器14布置成控制多模式动力系统15的操作。包括多模式动力系统15的全轮驱动交通工具100的该实施例的操作经由在控制器14中执行并参照图4描述的非受控发电(UCG)模式减轻例程400来控制,以减轻多模式动力系统15和DC功率源10上的UCG和非预期横向运动(ULM)的影响,该影响可能是由于多模式动力系统15中的故障导致的多模式动力系统15的操作引起的。

[0078] 第一驱动单元20包括第一电机22,第一电机22经由第一传动系35联接到左前轮16和右前轮17,在一个实施例中,第一传动系25包括变速驱动桥26和半轴27。第一逆变器24联接到第一电机22,并且经由高电压总线12电连接到高电压DC功率源10。控制器14通过控制第一逆变器24来控制第一驱动单元20的操作。摩擦制动器28和29布置成响应于制动命令分别可控地制动左前轮16和右前轮17。

[0079] 第二驱动单元30包括第二电机32,第二电机32经由第二传动系35联接到左后轮18,在一个实施例中,第二传动系35包括差速器36和半轴37。第二逆变器34联接到第二电机32,并且经由高电压总线12电连接到高电压DC功率源10。控制器14通过控制第二逆变器34来控制第二驱动单元30的操作。摩擦制动器38布置成响应于制动命令可控地制动左后轮18。

[0080] 第三驱动单元40包括第三电机42,第三电机42经由第三传动系45联接到右后轮19,在一个实施例中,第三传动系45包括差速器46和半轴47。第三逆变器44联接到第三电机42,并且经由高电压总线12电连接到高电压DC功率源10。控制器14通过控制第三逆变器44来控制第三驱动单元40的操作。摩擦制动器39布置成响应于制动命令可控地制动右后轮19。

[0081] 图2示意性地示出了全轮驱动交通工具200的实施例,其包括多模式动力系统215的另一个实施例,该多模式动力系统215布置成同时向多个驱动轮传递推进扭矩。控制器214布置成控制多模式动力系统215的操作。多模式动力系统215包括第一驱动单元220、第

二驱动单元230、第三驱动单元240和第四驱动单元250。高电压DC功率源10经由高电压总线12联接到第一驱动单元220、第二驱动单元230、第三驱动单元240和第四驱动单元250。控制器214布置成控制多模式动力系统215的操作。包括多模式动力系统215的全轮驱动交通工具200的该实施例的操作经由在控制器214中执行并参照图4描述的UCG模式减轻例程400来控制,以减轻多模式动力系统215和DC功率源10上的UCG和非预期横向运动(ULM)的影响,该影响可能是由于多模式动力系统215中的故障导致的多模式动力系统215的操作引起的。第一驱动单元220包括第一电机222,第一电机222经由第一传动系225联接到左前轮16,在一个实施例中,第一传动系225包括变速驱动桥226和半轴227。第一逆变器224联接到第一电机222,并且经由高电压总线12电连接到高电压DC功率源10。控制器214通过控制第一逆变器224来控制第一驱动单元220的操作。摩擦制动器28布置成响应于制动命令可控地制动左前轮16。

[0082] 第二驱动单元230包括第二电机232,第二电机32经由第二传动系235联接到右前轮17,在一个实施例中,第二传动系235包括变速驱动桥236和半轴237。第二逆变器234联接到第二电机232,并且经由高电压总线12电连接到高电压DC功率源10。控制器214通过控制第二逆变器234来控制第二驱动单元230的操作。摩擦制动器29布置成响应于制动命令可控地制动右前轮17。

[0083] 第三驱动单元240包括第三电机242,第三电机42经由第三传动系245联接到左后轮18,在一个实施例中,第三传动系245包括变速驱动桥246和半轴247。第三逆变器244联接到第三电机242,并且经由高电压总线12电连接到高电压DC功率源10。控制器214通过控制第三逆变器244来控制第三驱动单元240的操作。摩擦制动器38布置成响应于制动命令可控地制动左后轮18。

[0084] 第四驱动单元250包括第四电机252,第四电机252经由第四传动系255联接到右后轮19,在一个实施例中,第四传动系255包括变速驱动桥256和半轴257。第四逆变器254联接到第四电机252,并且经由高电压总线12电连接到高电压DC功率源10。控制器214通过控制第四逆变器254来控制第四驱动单元250的操作。摩擦制动器39布置成响应于制动命令可控地制动右后轮19。

[0085] 图3示意性地示出了全轮驱动交通工具300的实施例,其包括多模式动力系统315的另一个实施例,该多模式动力系统315布置成同时向多个驱动轮传递推进扭矩。控制器314布置成控制多模式动力系统315的操作。多模式动力系统315包括第一驱动单元320和第二驱动单元330。高电压DC功率源10经由高电压总线12联接到第一驱动单元320和第二驱动单元330。控制器314布置成控制多模式动力系统315的操作。包括多模式动力系统315的全轮驱动交通工具300的该实施例的一个方面的操作经由在控制器314中执行并参照图4描述的UCG模式减轻例程400来控制,以减轻多模式动力系统315和DC功率源10上的UCG和非预期横向运动(ULM)的影响,该影响可能是由于多模式动力系统315中的故障导致的多模式动力系统315的操作引起的。

[0086] 第一驱动单元320包括第一电机322,第一电机22经由第一传动系35联接到左前轮16和右前轮17,在一个实施例中,第一传动系325包括变速驱动桥326和半轴327。第一逆变器324联接到第一电机322,并且经由高电压总线12电连接到高电压DC功率源10。控制器314通过控制第一逆变器324来控制第一驱动单元320的操作。摩擦制动器28布置成可控地制动

左前轮16,并且摩擦制动器29布置成响应于制动命令可控地制动右前轮17。

[0087] 第二驱动单元330包括第二电机332,第二电机332经由第二传动系335联接到左后轮18和右后轮19,在一个实施例中,第二传动系335包括差速器336和半轴337。第二逆变器334联接到第二电机332,并且经由高电压总线12电连接到高电压DC功率源10。控制器314通过控制第二逆变器334来控制第二驱动单元330的操作。摩擦制动器38和39布置成响应于制动命令可控地制动左后轮18和右后轮19。

[0088] 参照图1、图2和图3描述的前述电机中的每一个都被配置为多相电动马达/发电机,例如多相永磁电动马达/发电机,或者替代地另一种电动马达/发电机。每个电机包括定子和转子,其中转子可旋转地机械联接到相关联的传动系。电机中的每一个配备有转速传感器以监测转速,其中转速传感器可以是旋转变压器或另一个转速监测设备。前述逆变器中的每一个被配置为功率逆变器模块,该功率逆变器模块布置成控制流向相应电机的电功率流。功率逆变器模块包括多相逆变器电路和逆变器控制器。多相逆变器电路经由包括正总线元件和负总线元件的高电压DC功率总线12电连接到高电压DC功率源10。在一个实施例中,高电压DC功率源10提供接近300V的DC电功率。高电压DC功率源10可以包括高电压电能存储设备,例如高电压电池或电容器、高电压发电机或另一种相关设备或系统。功率逆变器模块的多相逆变器电路包括多个开关对,这些开关对在高电压DC功率总线12的元件之间串联地电连接。开关对的每个开关可以是功率晶体管,例如绝缘栅双极晶体管(IGBT),或另一种功率晶体管。开关对中的每一个对应于相应电机的一个相位。多相逆变器电路优选地包括其他电气部件,包括电容器、电阻器和其他电路部件,以实现与电噪声抑制、负载平衡等相关的功能。本文所用的高电压应理解为表示主要用于交通工具(例如用于高电压电机)的推进应用中使用的标称电压水平。

[0089] 图4示意性地示出了与UCG模式减轻例程400相关的细节,该例程400用于控制全轮驱动交通工具的实施例(例如本文描述的全轮驱动交通工具100、200、300中的一个)的操作。UCG模式减轻例程400示出为逻辑流程图中的框的集合,其表示可以用硬件、软件或它们的组合实现的操作序列。在软件的上下文中,这些框代表计算机指令,当由一个或多个处理器执行时,这些指令执行所述操作。为了说明的方便和清楚,参照图1所示的交通工具100描述该方法。

表 1

框	框内容
402	监测高电压总线上的电功率
404	检测到故障?
406	检测 UCG 事件?
408	在布置在双马达轮轴上的电机上发生了 UCG 事件吗?
410	在无故障电机上执行三相开路状态
412	确定 UCG 扭矩
414	确定驱动另一个轮轴的电机的补偿扭矩
416	驱动另一个轮轴的电机能产生补偿扭矩吗?
417	控制电机输送补偿扭矩; 采用摩擦制动器
418	禁用再生制动; 使用摩擦制动器以停止交通工具
[0090] 420	在双马达轮轴上发生了 UCG 故障吗?
422	监测两个电机的转速
424	监测两个电机的温度
426	与故障相关联的电机的转速是否大于第一阈值?
427	检测与故障相关联的电机中的三相开路故障
428	命令来自无故障电机的扭矩输出等于来自与故障相关联的电机的扭矩输出(+/- ΔT_2)
430	检测与故障相关联的电机中的三相短路故障
432	马达速度差是否大于第二阈值? 并且温差是否大于第三阈值?
433	检测在无故障电机处的三相短路
434	命令来自无故障电机的扭矩输出等于零(+/- ΔT_1)
435	结束

[0091] UCG模式减轻例程400的执行可以进行如下。UCG模式减轻例程400的步骤可以以合适的顺序执行,并且不限于参照图4描述的顺序。如本文所用,术语“1”表示肯定的回答或“是”,而术语“0”表示否定的回答或“否”。

[0092] UCG模式减轻例程(以下称为“例程”)400通过监测在高电压总线12上和在逆变器模块中的每一个处的电压水平和电流水平形式的电功率来操作,目的是检测与电机中的一个相关联的故障,包括可能导致UCG事件的故障(402)、(404)。

[0093] 当没有检测到与电机中的一个相关联的故障时(404)(0),例程400的这种迭代结束(435)。

[0094] 当检测到与电机中的一个相关联的故障时(404)(1),确定UCG事件是否已经发生(406)。当高电压DC功率源10的电池单体的电功率大于阈值功率时,可以检测到UCG事件。单体的电功率包括电池单体电压和电池单体电流。当电池单体电压大于阈值电池单体电压时,和/或当电池单体电流大于阈值电池单体电流时,可以检测到UCG事件。参照图5示出了示例阈值。举例来说,内部永磁同步马达通常在弱磁状态下工作,以实现更高速度的操作。然而,在此过程期间可能发生诸如过电流和过电压的故障,之后功率晶体管可能立即关闭。电池组通过由六个续流二极管组成的三相非受控整流器充电,从而导致在UCG模式下操作。

[0095] 此外,当电机操作使得马达反电动势增加,导致马达输出电压大于高电压总线上

的电压时,UCG事件可能在特定操作条件期间发生,包括高速、低负载或空载条件。过量的输出电压可能导致充电电流流动通过与逆变器的开关并联布置的二极管中的一个或多个。在UCG事件期间发生的充电电流流动可以导致过量电流通过相应逆变器的部件或高电压DC功率源10的过度充电,这会对相应逆变器或高电压DC功率源12的使用寿命产生负面影响。作为非限制性示例,当电流超过设计极限时,锂离子可能积聚在阳极的表面上并作为金属锂沉积,使得锂离子不能足够快地容纳在碳阳极的嵌入层之间,这被称为锂电镀。

[0096] 当在检测到故障之后检测到UCG事件(406)(1)时,例程确定UCG事件是否与驱动单元中的一个相关联,该驱动单元布置在包括分别向轮轴的两个相对轮提供推进扭矩的两个驱动单元的配置中(408)。举例来说,该配置包括交通工具100的后轮轴(参照图1示出),以及交通工具200的前轮轴和后轮轴(参照图2示出)。

[0097] 当该配置包括向轮轴的两个轮提供推进扭矩的两个驱动单元(408)(1)时,该例程命令与另一个无故障驱动单元相关联的逆变器进入打开的空转状态(410)。

[0098] 该例程估计或以其他方式确定UCG传动系扭矩的量值,其中UCG传动系扭矩与作为UCG事件中操作的结果由相应驱动单元产生的扭矩的量值相关联(412)。该例程确定补偿扭矩(414),该补偿扭矩是由无故障驱动单元输送以抵消UCG传动系扭矩所需的扭矩的量值,并确定无故障驱动单元是否能够产生补偿扭矩(416)。当无故障驱动单元不能产生补偿扭矩(416)(0)时,例程命令无故障驱动单元产生其最大能力的扭矩,并命令摩擦制动器的操作达到制动扭矩的量值,使得UCG传动系扭矩被来自无故障驱动单元的马达扭矩和摩擦制动器的组合抵消(417)。补偿扭矩被命令以操作与另一个轮轴(即与UCG事件不相关联的轮轴)相关联的一个或两个驱动单元。被命令以操作与另一个轮轴(即,与UCG事件不相关联的轮轴)相关联的一个或两个驱动单元的补偿扭矩用于抵消由UCG事件产生的传动系扭矩,并控制净DC电流以将高电压总线上的DC电压保持在允许的限值内,从而防止在高电压DC功率源处的过电压状况或过电流状况。在一个实施例中,过电压和过电流状况是那些超过电压和电流设计极限的状况,选择这些设计极限是为了最小化或防止在高电压电池10中的锂电镀的风险。当无故障驱动单元能够产生补偿扭矩(416)(1)时,例程禁用再生制动(418),并且交通工具制动仅由摩擦制动器产生。图5示出了再生制动可以被启用或禁用的操作条件,其基于作为UCG事件的结果被输送到电池单体的电功率。在一些情况下,该操作可以继续,直到交通工具速度达到零,即停止向前运动,并且交通工具操作结束。

[0099] 图5以图表示出了在单体电流(安培)510和单体电压(伏)520方面与单个电池单体相关联的可允许的操作区域,包括与UCG事件相关联的阈值单体电流515和阈值单体电压525。应当理解,阈值单体电流515和阈值单体电压525的量值是温度相关的值。

[0100] 当与UCG事件相关联的单体电流和单体电压的量值小于相应的阈值单体电流515和阈值单体电压525时,可以施加被命令来操作与另一个轮轴(即,与UCG事件不相关联的轮轴)相关联的驱动单元中的一个或两个的补偿扭矩,包括在再生制动模式下操作。

[0101] 然而,当与UCG事件相关联的单体电流的量值和/或单体电压的量值大于相应的阈值单体电流515和阈值单体电压525时,可以施加被命令来操作与另一个轮轴(即,与UCG事件不相关联的轮轴)相关联的驱动单元中的一个或两个的补偿扭矩,包括禁用在再生制动模式下操作。

[0102] UCG模式减轻例程400操作以在UCG模式操作期间将高电压总线上的电压和电流

保持在相应的电压和电流设计极限内,并且还将非预期的减速率控制到作为滑行率经历的减速率。这用来消除或减轻UCG事件,从而保护受影响的逆变器和DC功率源,而无需引入硬件修改或重新设计。此外,并且直接地,可以消除或减少在DC功率源10中锂电镀的风险,从而积极地影响DC功率源10的使用寿命。

[0103] 当在检测到与驱动单元中的一个的电机中的一个相关联的故障之后没有检测到UCG事件(406)(0)时,例程400转移到评估检测到的故障是否可以导致可能由多模式动力系统的操作引起的非预期的交通工具横向运动。当在多模式动力系统的驱动单元中的一个中发生三相短路或三相开路故障时,扭矩产生可能从一侧到另一侧不受控制,这可能导致非预期的横向运动。步骤420-434涉及监测多模式动力系统故障的发生,以及响应于减轻和防止非预期的交通工具横向运动来控制多模式动力系统的驱动单元的操作。这包括监测与多模式动力系统相关联的各种参数,以确定驱动单元中的一个中故障的存在或发生(420),其中这种故障有可能由于多模式动力系统的操作而在交通工具中引起非预期的横向运动(ULM)。这种故障在下文中被称为引起ULM的故障。作为非限制性示例,引起ULM的故障可以包括驱动单元中的一个的前述逆变器中的一个中的短路或开路,或者高电压总线中的故障。

[0104] 当检测到引起ULM的故障的发生(420)(1)时,系统识别哪个电机经历了引起ULM的故障。监测和评估电机的转速(422),并且监测电机的温度(424)。监测电机的转速可以包括监测电机的转速或者监测相应驱动单元的交通工具轮速度或者它们的组合。监测电机的温度可以包括采用热电偶、热敏电阻等监测电机上相关位置处的温度。

[0105] 将经历了引起ULM的故障的电机中的一个的转速与第一阈值进行比较(426)。

[0106] 当经历了引起ULM的故障的电机中的一个的转速小于第一阈值(426)(0)时,表示该故障是经历了引起ULM的故障的电机中的三相开路故障(427),并且控制器命令包括无故障电机的另一个驱动单元的扭矩输出为零,具有允许的扭矩误差带故障(+/- $\Delta T2$)(428),并且该迭代结束(435)。

[0107] 当经历了引起ULM的故障的电机中的一个的转速等于或大于第一阈值(426)(1)时,表示该故障是经历了引起ULM的故障的电机中的三相短路故障(430),并且控制器如下继续监测。

[0108] 控制器确定经历了引起ULM的故障的电机的转速和另一个无故障电机的转速之间的速度差的绝对值。控制器还确定经历了引起ULM的故障的电机的温度和另一个无故障电机的温度之间的温差的绝对值(432)。

[0109] 当速度差的绝对值大于第二阈值速度,并且温差的绝对值大于阈值温度(432)(1)时,控制器命令包括无故障电机的另一驱动单元的扭矩输出等于包括经历了引起ULM的故障的电机的驱动单元的扭矩输出,具有允许的扭矩误差带(+/- $\Delta T1$)(434)。允许的扭矩误差带允许驱动单元之间一定程度的扭矩不平衡,但是避免ULM条件。该迭代然后结束(435)。

[0110] 当速度差的绝对值小于第二阈值速度,或者温差的绝对值小于阈值温度(432)(0)时,控制器确定在另一个无故障电机中存在三相故障(433),并且该迭代结束(435)。

[0111] 以这种方式,控制器能够以这样的方式控制多模式动力系统的驱动单元的电机的扭矩输出,即减轻或防止可能由于多模式动力系统的驱动单元中的一个中的故障导致的多模式动力系统的操作引起的非预期的交通工具横向运动,该驱动单元如参照图1、图2和图3

所述配置。当相应的多模式动力系统的驱动单元布置成将扭矩传递到交通工具轮并且能够引起扭矩转向和/或非预期的交通工具横向运动时,这是有效的,该交通工具轮设置在交通工具的相对侧上。

[0112] 术语控制器、控制模块、模块、控制、控制单元、处理器和类似术语是指专用集成电路(ASIC)、电子电路、执行一个或多个软件或固件程序或例程的中央处理单元(例如微处理器)和相关联的存储器和存储设备(只读、可编程只读、随机存取、硬盘驱动器等)、组合逻辑电路、输入/输出电路和设备、信号调节和缓冲电路以及用于提供所述功能的其他部件的一种或多种组合。软件、固件、程序、指令、控制例程、代码、算法和类似术语是指控制器可执行指令集,包括校准和查找表。每个控制器执行控制例程以提供期望的功能,包括监测来自感测设备和其他联网控制器的输入,以及执行控制和诊断例程以控制致动器的操作。例程可以定期执行,例如在正在进行的操作期间每100微秒执行一次。控制器之间的通信以及控制器、致动器和/或传感器之间的通信可以使用直接有线链路、网络通信总线链路、无线链路或另一合适的通信链路来实现。

[0113] 详细描述和附图或图是对本教导的支持和描述,但是本教导的范围仅由权利要求限定。虽然已经详细描述了用于实施本教导的一些最佳模式和其他实施例,但是存在用于实施所附权利要求中限定的本教导的各种替代设计和实施例。

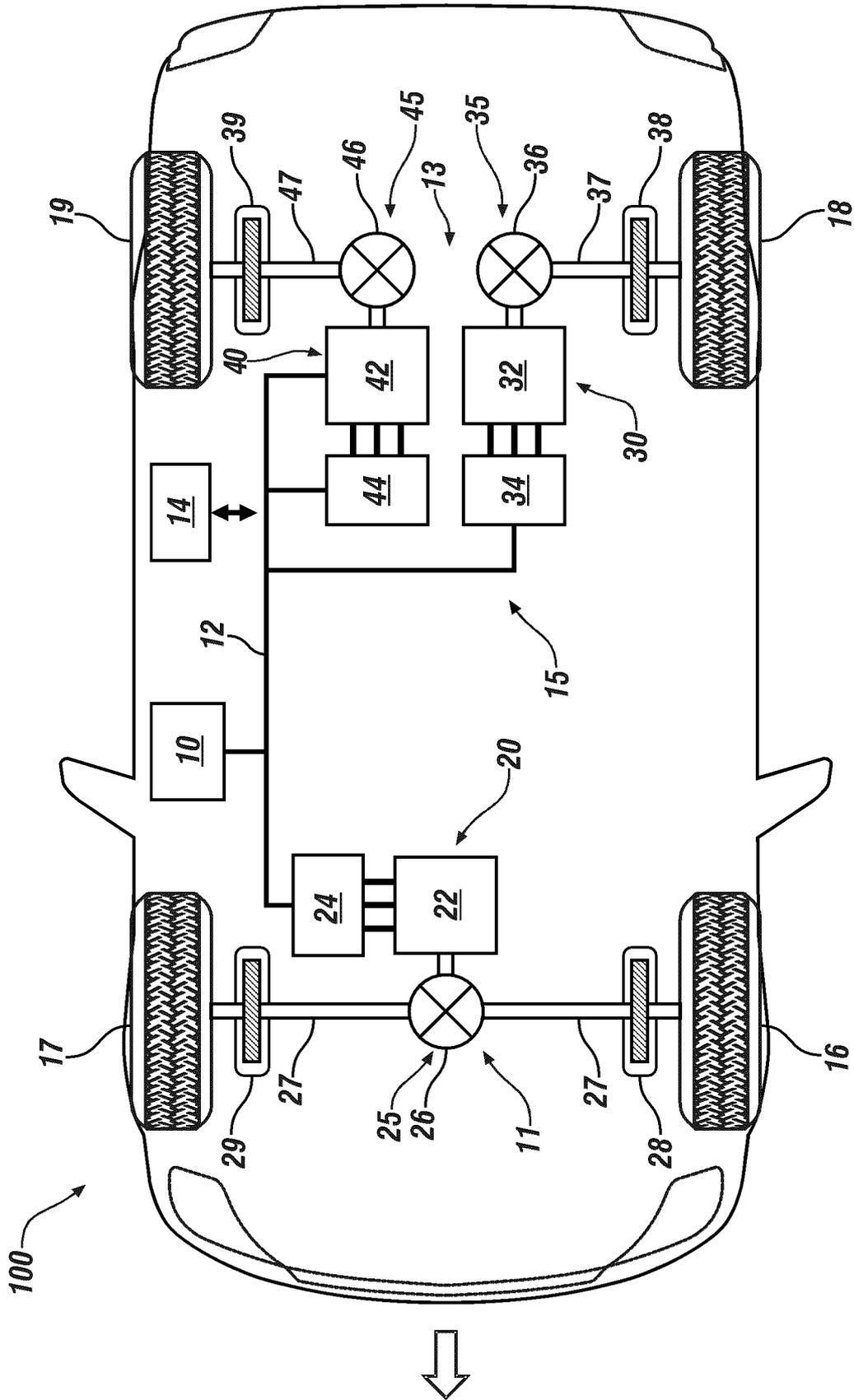


图 1

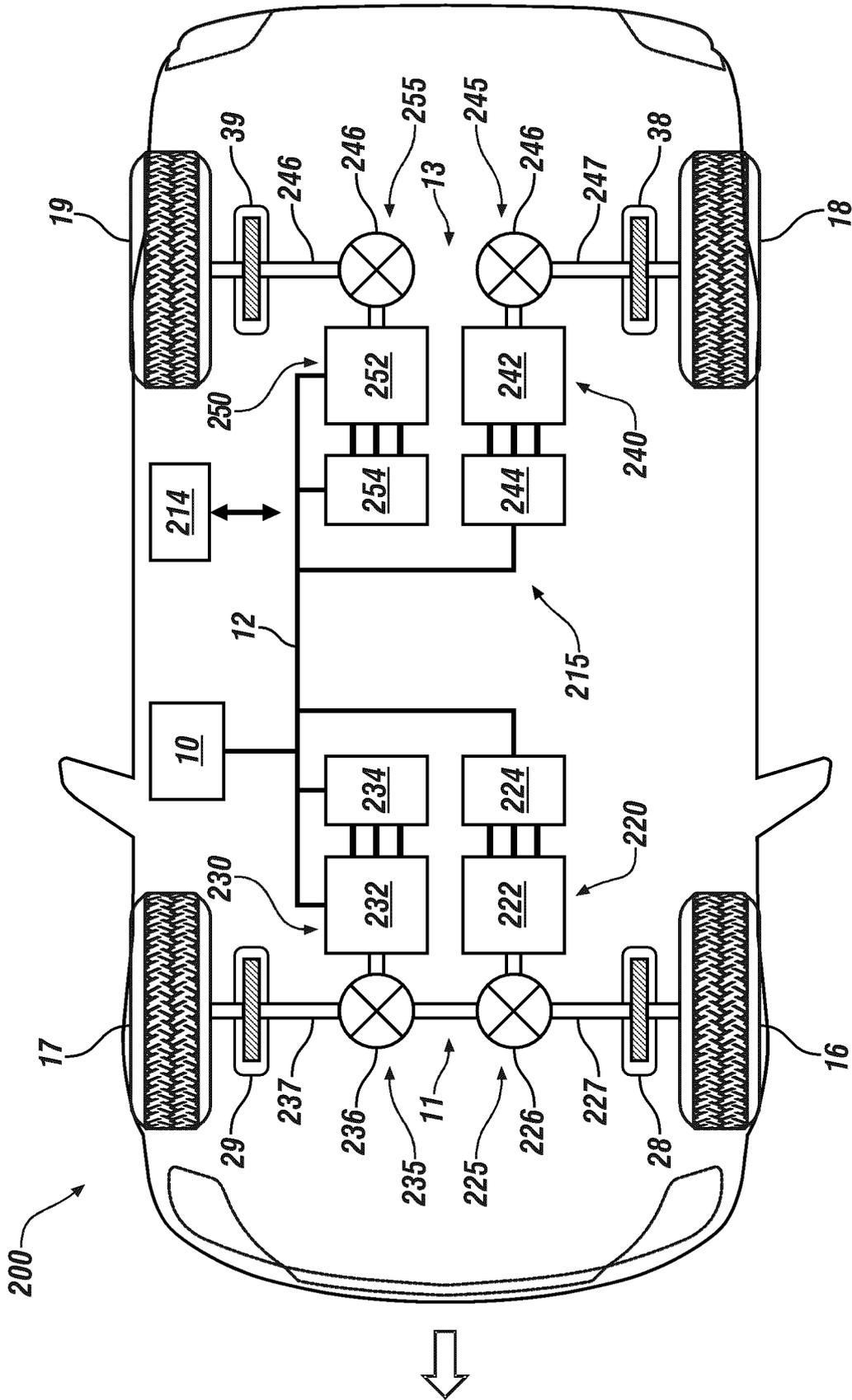


图 2

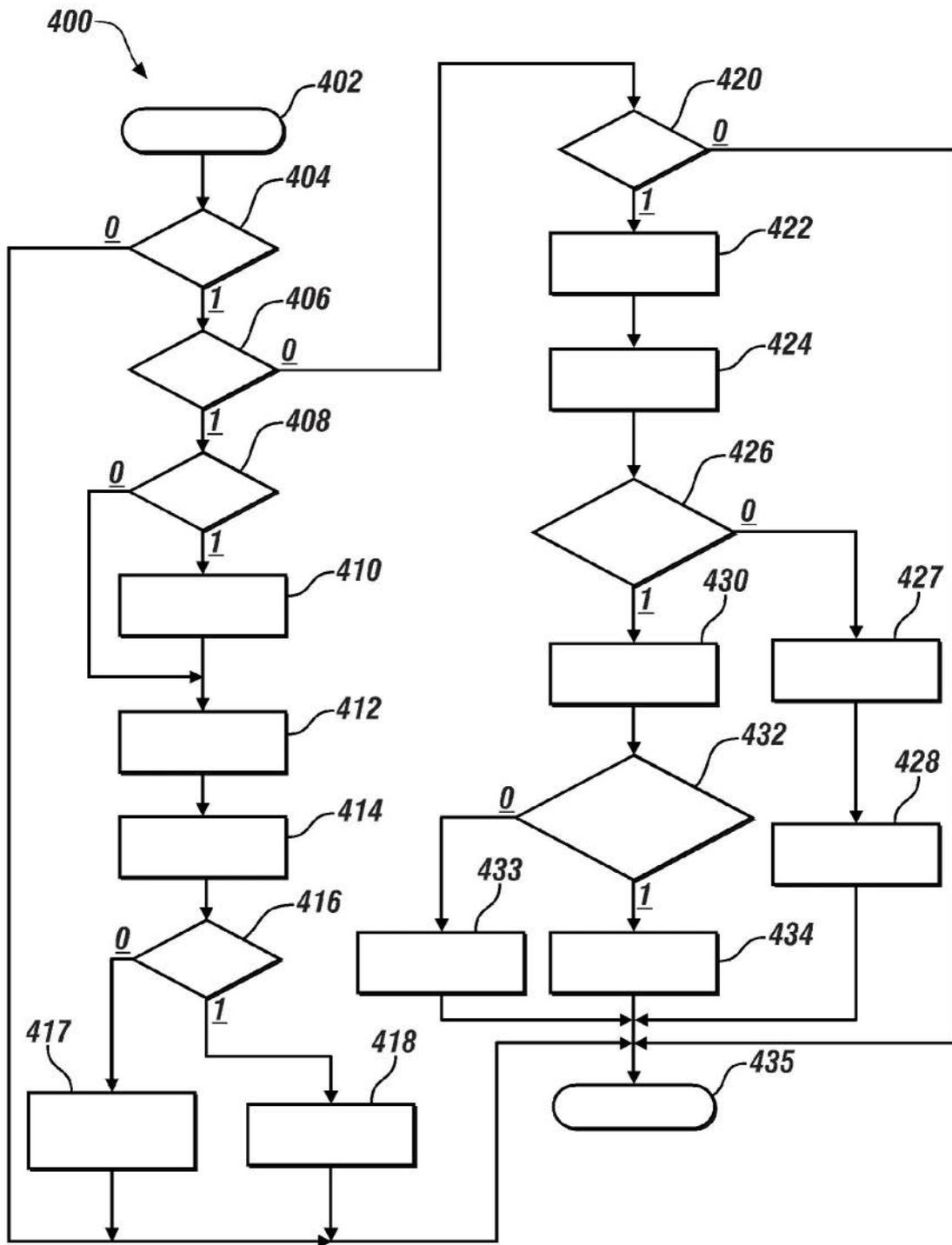


图 4

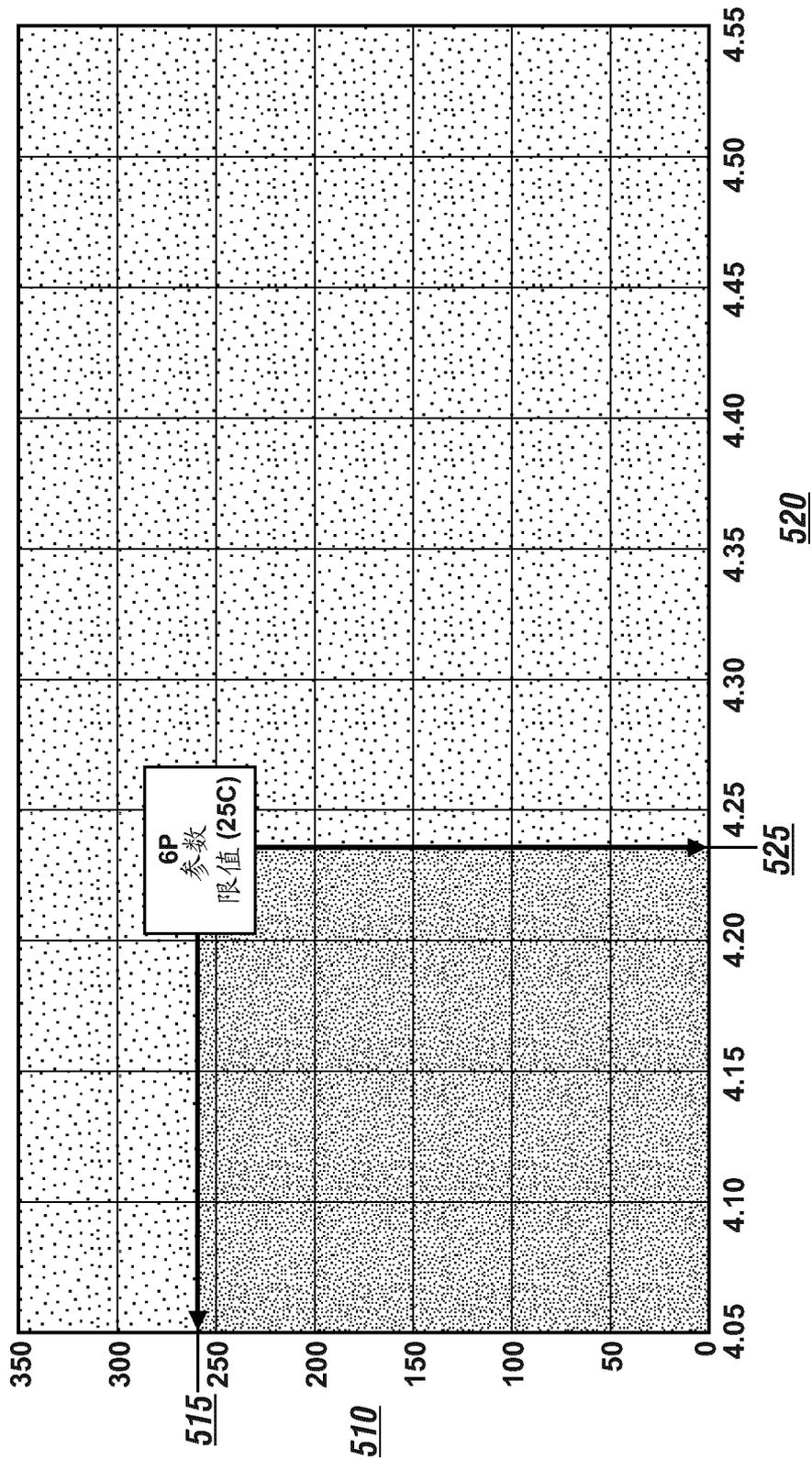


图 5