



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105620469 A

(43) 申请公布日 2016.06.01

(21) 申请号 201510795037.2

B60W 30/19(2012.01)

(22) 申请日 2015.11.18

(30) 优先权数据

14/547,210 2014.11.19 US

(71) 申请人 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 费列克斯·纳多瑞兹夫

肯尼斯·雅尔

亚历山大·O·克纳·杰弗森

托德·麦克洛夫 亚当·南森·班克

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司

11286

代理人 王秀君 马翠平

(51) Int. Cl.

B60W 20/15(2016.01)

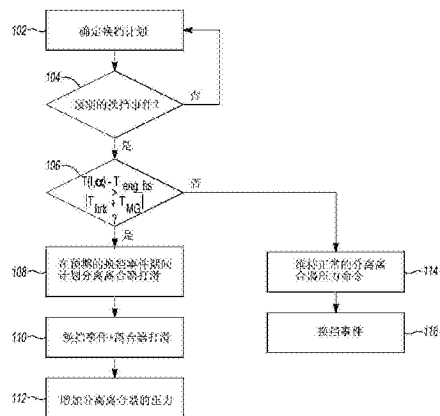
权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

混合动力车辆换挡事件中发动机和马达之间的离合器控制

(57) 摘要

本发明提供一种混合动力车辆换挡事件中发动机和马达之间的离合器控制。一种混合动力电动车辆包括发动机、电动马达、传动装置齿轮箱以及选择性地将发动机结合到电动马达的离合器。在齿轮箱中的计划的换挡事件期间，当发动机以高转速运转时发动机转速可显著下降。为了减小由发动机转速改变而感觉到的影响，设置至少一个控制器，所述至少一个控制器被配置为：当离合器锁止时，响应于估计将在预期的换挡事件完成时出现的驱动扭矩超过可用的负扭矩（诸如再生扭矩和发动机制动扭矩），使离合器打滑。



1. 一种车辆,包括:

离合器,用于选择性地将发动机和电机结合;

至少一个控制器,被配置为:当离合器锁止时,响应于估计将在预期的换挡事件完成时出现的驱动扭矩超过可用的再生扭矩和发动机制动扭矩,使离合器打滑,以减小在预期的换挡事件期间在离合器的下游传递的发动机扭矩。

2. 根据权利要求 1 所述的车辆,其中,可用的再生扭矩包括来自电机的最小的可用负扭矩。

3. 根据权利要求 1 所述的车辆,其中,所述估计将在预期的换挡事件完成时出现的驱动扭矩包括 (i) 估计将在预期的换挡事件之后可用的发动机扭矩和 (ii) 在换挡事件之前的发动机扭矩之间的差。

4. 根据权利要求 3 所述的车辆,其中,估计将在预期的换挡事件之后可用的发动机扭矩是当离合器锁止时估计的发动机扭矩。

5. 根据权利要求 1 所述的车辆,还包括具有输入的齿轮箱,其中,可用的再生扭矩是所述输入的转速的函数,从而所述至少一个控制器被配置为基于所述输入的转速而使离合器打滑。

6. 根据权利要求 5 所述的车辆,还包括具有结合到所述输入的泵轮的变矩器。

7. 根据权利要求 1 所述的车辆,其中,所述至少一个控制器进一步被配置为:响应于换挡事件的完成,锁止所述离合器。

## 混合动力车辆换挡事件中发动机和马达之间的离合器控制

### 技术领域

[0001] 本公开涉及基于估计将在换挡事件完成时出现的扭矩来针对换挡事件控制发动机分离离合器的控制策略。

### 背景技术

[0002] 例如,当车辆在加速的同时换挡时,变速器的输出转速继续增加而至变速器的输入转速能够降低,允许额外的扭矩被输入到变速器。例如,在传统的非混合动力车辆中,由于换挡使得发动机转速能够从 6000rpm 变成 2000rpm。在这样的转速下降的情况下,发动机提供突然的扭矩增加 (torque bump)。如果扭矩增加足够大,且旋转的发动机的动量和惯性也足够大,则车辆的操作者可能经历可被察觉的“换挡冲击”。

[0003] 在某些类型的混合动力电动车辆中,电动马达也可选择性地向变速器的输入提供扭矩。如果马达在整个换挡中提供扭矩时被结合到发动机使得它们一起旋转,则马达引入影响扭矩增加和换挡冲击的更多因素。

### 发明内容

[0004] 根据一个实施例,一种车辆包括离合器和至少一个控制器。所述离合器选择性地结合发动机和电机。所述至少一个控制器被配置为:当离合器锁止时,响应于(估计将在预期的换挡事件完成时出现的)驱动扭矩超过可用的再生扭矩和发动机制动扭矩的组合,使离合器打滑。这使得在预期的换挡事件期间在离合器的下游传递的发动机扭矩减小。

[0005] 估计将在预期的换挡事件完成时出现的扭矩可包括 (i) 估计将在预期的换挡事件之后可用的发动机扭矩和 (ii) 换挡事件之前的发动机扭矩之间的差。

[0006] 估计将在预期的换挡事件之后可用的发动机扭矩可以是当离合器锁止时估计的发动机扭矩。

[0007] 车辆还可包括具有输入的齿轮箱,其中,可用的再生扭矩是所述输入的转速的函数,从而所述至少一个控制器被配置为基于所述输入的转速来使离合器打滑。

[0008] 所述至少一个控制器可进一步被配置为:响应于换挡事件的完成,锁止离合器。

[0009] 根据另一个实施例,一种车辆包括离合器和至少一个控制器。所述离合器选择性地结合发动机和电机。所述至少一个控制器被配置为:基于(估计将在预期的换挡事件完成时出现的)驱动扭矩的量超过可用的再生扭矩和发动机制动扭矩的组合,调节离合器打滑的量。所述调节作用为减小在预期的换挡事件期间在离合器的下游传递的发动机扭矩。

[0010] 根据本公开的一个实施例,可用的再生扭矩包括来自电机的最小的可用负扭矩。

[0011] 根据本公开的一个实施例,估计将出现的扭矩包括 (i) 估计将在预期的换挡事件之后可用的发动机扭矩和 (ii) 换挡事件之前的发动机扭矩之间的差。

[0012] 根据本公开的一个实施例,估计将在预期的换挡事件之后可用的发动机扭矩是当离合器锁止时估计的发动机扭矩。

[0013] 根据本公开的一个实施例,所述车辆还包括具有输入的齿轮箱,其中,可用的再生

扭矩是所述输入的转速的函数,从而所述至少一个控制器被配置为基于所述输入的转速而使离合器打滑。

[0014] 根据本公开的一个实施例,所述车辆还包括具有结合到所述输入的泵轮的变矩器。

[0015] 根据本公开的一个实施例,所述至少一个控制器进一步被配置为:响应于换挡事件的完成,锁止所述离合器。

[0016] 根据又一个实施例,提供一种减小车辆中换挡冲击的方法。所述方法包括锁止选择性地使电机结合到发动机的离合器。所述方法还包括计划齿轮箱中的预期的换挡事件。最后,所述方法包括响应于估计将在预期的换挡事件之后出现的扭矩超过发动机和电机中的可用的负扭矩,使离合器打滑。

[0017] 根据本公开的一个实施例,可用的负扭矩包括可用的发动机制动扭矩和来自电机的最小的可用负扭矩。

[0018] 根据本公开的一个实施例,估计将出现的扭矩包括(i)估计将在预期的换挡事件之后可用的发动机扭矩和(ii)预期的换挡事件之前的发动机扭矩之间的差。

[0019] 根据本公开的一个实施例,当打滑开始时,离合器被锁止。

[0020] 根据本公开的一个实施例,电机中可用的负扭矩根据齿轮箱的输入的转速的函数而变化,使得所述打滑基于齿轮箱的输入的转速。

[0021] 根据本公开的一个实施例,所述方法还包括在换挡事件完成时锁止所述离合器。

## 附图说明

[0022] 图1是根据一个实施例的混合动力电动车辆的示意图;

[0023] 图2是根据一个实施例的作为转速的函数的电机的可用负扭矩的示例性曲线图;

[0024] 图3是示出基于估计将在换挡事件完成时出现的扭矩来针对换挡事件控制分离离合器的控制策略的一个实施例的流程图;

[0025] 图4是在换挡事件前和换挡事件后各个动力传动系统组件的扭矩和转速的示例性曲线图。

## 具体实施方式

[0026] 在此描述本公开的实施例。然而,应理解的是,公开的实施例仅为示例并且其它实施例可以采用各种和替代的形式。附图不一定按比例绘制;可夸大或最小化一些特征以显示特定组件的细节。因此,在此所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各种形式使用实施例的代表性基础。如本领域普通技术人员将理解的,参照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相组合,以产生未明确示出或描述的实施例。示出的特征的组合为典型应用提供代表性实施例。然而,对于特定应用或实施,与本公开的教导一致的特征的各种组合和变型会是令人满意的。

[0027] 参照图1,示出了根据本公开的实施例的混合动力电动车辆(HEV)10的示意图。图1示出了组件之间的代表性关系。组件在车辆中的物理布局和方位可改变。HEV 10包括动力传动系统12。动力传动系统12包括驱动传动装置16的发动机14,所述传动装置16可

被称为模块化混合动力传动装置 (MHT)。如下文将要进一步详细描述, 传动装置 16 包括 (连接到关联的牵引电池 20 的) 诸如电动马达 / 发电机 (M/G) 的电机 18、变矩器 22 以及多阶梯传动比自动变速器或齿轮箱 24。

[0028] 发动机 14 和电机 18 均为 HEV 10 的驱动源。发动机 14 总体上代表可以包括内燃发动机 (诸如, 汽油、柴油或天然气驱动的发动机) 或燃料电池的动力源。发动机 14 产生发动机功率以及当发动机 14 和 M/G 18 之间的分离离合器 26 至少部分地接合时供应给电机 18 的对应的发动机扭矩。电机 18 可以由多种类型的电机中的任意一种实现。例如, 电机 18 可以是永磁同步马达。如下文将要描述的, 电力电子器件将由电池 20 提供的直流电 (DC) 调节成符合电机 18 的要求。例如, 电力电子器件可以向电机 18 提供三相交流电 (AC)。

[0029] 当分离离合器 26 至少部分地接合时, 动力可以从发动机 14 流到电机 18 或者从电机 18 流到发动机 14。例如, 分离离合器 26 可接合且电机 18 可运转为发电机以将曲轴 28 和电机轴 30 提供的旋转能转换成电能储存在电池 20 中。分离离合器 26 也可分离以将发动机 14 与动力传动系统 12 的剩余部分隔离, 使得电机 18 能够作为 HEV 10 的唯一驱动源。可沿着轴 28 设置双质量飞轮 (DMF) 29, 以在分离离合器 26 接合和分离期间维持惯性并使传动系的扰动最小化。轴 30 延伸通过电机 18。电机 18 持续地可驱动地连接到轴 30, 而发动机 14 只有当分离离合器 26 至少部分地接合时才可驱动地连接到轴 30。

[0030] 电机 18 经由轴 30 连接到变矩器 22。因此, 当分离离合器 26 至少部分地接合时, 变矩器 22 连接到发动机 14。变矩器 22 包括固定到电机轴 30 的泵轮和固定到变速器输入轴 32 的涡轮。由此, 变矩器 22 在轴 30 和变速器输入轴 32 之间提供液力耦合。当泵轮旋转得比涡轮快时, 变矩器 22 将动力从泵轮传递到涡轮。涡轮扭矩和泵轮扭矩的大小通常取决于相对转速。当泵轮转速与涡轮转速的比足够高时, 涡轮扭矩是泵轮扭矩的倍数。还可设置变矩器旁通离合器 34, 变矩器旁通离合器 34 在接合时摩擦地或机械地结合变矩器 22 的泵轮和涡轮, 允许更高效的动力传递。变矩器旁通离合器 34 可被运转为起步离合器以提供平顺的车辆起步。可替代地或组合地, 对于不包括变矩器 22 或变矩器旁通离合器 34 的应用, 可以在电机 18 和齿轮箱 24 之间提供类似于分离离合器 26 的起步离合器。在一些应用中, 分离离合器 26 通常称为上游离合器而起步离合器 34 (可以是变矩器旁通离合器) 通常称为下游离合器。

[0031] 齿轮箱 24 可以包括通过摩擦元件 (例如, 离合器和制动器 (未示出)) 的选择性接合而选择性地置于不同齿轮比以建立希望的多个离散或阶梯传动比的齿轮组 (未示出)。可以通过连接和分离齿轮组的特定元件以控制变速器输出轴 36 和变速器输入轴 32 之间的传动比的换挡计划来控制摩擦元件。齿轮箱 24 基于各种车辆和环境工况通过关联的控制器 (例如, 动力传动系统控制单元 (PCU)) 从一个传动比自动换挡至另一个传动比。齿轮箱 24 随后将动力传动系统输出扭矩提供至输出轴 36。

[0032] 应理解的是, 与变矩器 22 一起使用的液压控制的齿轮箱 24 仅是齿轮箱或变速器布置的一个示例; 在本公开的实施例中使用从发动机和 / 或马达接收输入扭矩并随后以不同的传动比提供扭矩至输出轴的任何多传动比变速器都是可以接受的。例如, 齿轮箱 24 可以实施为包括沿换挡导轨平移 / 旋转换挡拨叉以选择希望的齿轮比的一个或更多个伺服马达的自动机械式 (或手动) 变速器 (AMT)。如本领域普通技术人员通常理解的, 例如在较高扭矩需求的应用中可以使用 AMT。

[0033] 如图 1 中的代表性实施例所示,输出轴 36 连接至差速器 40。差速器 40 经由连接至差速器 40 的相应的轮轴 44 驱动一对车轮 42。差速器向每个车轮 42 传输大约相等的扭矩同时允许轻微的转速差异(例如,当车辆转弯时)。可以使用不同类型的差速器或类似的装置将扭矩从动力传动系统分配至一个或更多个车轮。在一些应用中,例如取决于特定的运转模式或状况,扭矩分配可以变化。

[0034] 动力传动系统 12 进一步包括关联的控制器 50,诸如动力传动系统控制单元(PCU)。虽然示出为一个控制器,但是控制器 50 可以是较大控制系统的一部分并且可以通过整个车辆 10 中的各种其它控制器(例如,车辆系统控制器(VSC))控制。所以,应理解动力传动系统控制单元 50 和一个或更多个其它控制器可以统称为“控制器”,所述“控制器”响应于来自各种传感器的信号而控制各种致动器以控制多种功能,诸如启动/停止发动机 14、运转 M/G18 以提供车轮扭矩或给电池 20 充电、选择或计划变速器换挡等。控制器 50 可包括与各种类型的计算机可读存储装置或介质通信的微处理器或中央处理器(CPU)。例如,计算机可读存储装置或介质可包括只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)和保活存储器(KAM)中的易失性和非易失性存储。KAM 是可以用于在 CPU 掉电时存储各种操作变量的持久或非易失性存储器。计算机可读存储装置或介质可以使用任意数量的已知存储装置实施,例如 PROM(可编程只读存储器)、EPROM(电可编程只读存储器)、EEPROM(电可擦除可编程只读存储器)、闪存或能存储数据的任何其它电、磁、光学或组合的存储装置,这些数据中的一些代表由控制器使用以控制发动机或车辆的可执行指令。

[0035] 控制器经由输入/输出(I/O)接口与各种发动机/车辆传感器和致动器通信,所述输入/输出(I/O)接口可以实施为提供各种原始数据或信号调节、处理和/或转换、短路保护等的单个集成接口。可替代地,在将特定的信号提供至 CPU 之前,一个或更多个专用硬件或固件芯片可以用于调节和处理该特定的信号。如图 1 中的代表性实施例总体上说明的,控制器 50 可以将信号传达至发动机 14、分离离合器 26、电机 18、起步离合器 34、传动装置齿轮箱 24 和电力电子器件 56 和/或传达来自发动机 14、分离离合器 26、电机 18、起步离合器 34、传动装置齿轮箱 24 和电力电子器件 56 的信号。尽管未明确说明,但是本领域的普通技术人员将认识到可以通过控制器 50 控制的在上文指出的每个子系统内的各种功能或组件。可使用通过控制器执行的控制逻辑直接或间接致动的参数、系统和/或组件的代表性示例包括燃料喷射正时、速率和持续时间、节气门位置、(用于火花点火式发动机的)火花塞点火正时、进气/排气门正时和持续时间、前端附件驱动(FEAD)组件(例如,交流发电机)、空调压缩机、电池充电、再生制动、M/G 运转、用于分离离合器 26、起步离合器 34 和传动装置齿轮箱 24 的离合器压力等。例如,通过 I/O 接口传输输入的传感器可以用于指示涡轮增压器增压压力、曲轴位置(PIP)、发动机转速(RPM)、车轮转速(WS1、WS2)、车速(VSS)、冷却剂温度(ECT)、进气歧管压力(MAP)、加速器踏板位置(PPS)、点火开关位置(IGN)、节气门位置(TP)、空气温度(TMP)、排气氧(EGO)或其它排气成分浓度或存在、进气流量(MAF)、变速器挡位、传动比或模式、变速器油温(TOT)、传动装置涡轮转速(TS)、变矩器旁通离合器 34 状态(TCC)、减速或换挡模式(MDE)。

[0036] 可以通过一个或更多个附图中的流程图或类似图表来表示通过控制器 50 执行的控制逻辑或功能。这些附图提供可以使用一个或更多个处理策略(例如,事件驱动、中断驱动、多任务、多线程等)执行的代表性控制策略和/或逻辑。这样,说明的各个步骤或功能

可以以描述的序列执行,并行执行,或在某些情况下有所省略。尽管没有总是明确地说明,但是本领域内的普通技术人员将认识到,取决于使用的特定处理策略可以反复执行一个或更多个说明的步骤或功能。类似地,处理顺序对于需要达到本文描述的特点和优点并非必需的,而是为了便于说明和描述才被提供。可以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(例如,控制器 50)执行的软件中执行控制逻辑。当然,取决于特定应用,可以在一个或更多个控制器中的软件、硬件或者软件和硬件的结合来执行控制逻辑。当在软件中执行时,可以在存储有代表通过计算机执行以控制车辆或其子系统的代码或指令的数据的一个或更多个计算机可读存储装置或介质中提供控制逻辑。计算机可读存储装置或介质可以包括利用电、磁和/或光学存储以保持可执行指令和关联的校准信息、运转变量等的许多已知物理装置中的一个或更多个。

[0037] 车辆驾驶员使用加速器踏板 52 提供需求的扭矩指令、功率指令或驱动指令以推进车辆。通常,踩下和释放踏板 52 产生加速器踏板位置信号,所述加速器踏板位置信号可以分别被控制器 50 解释为增加功率或减小功率的需求。至少基于来自踏板的输入,控制器 50 命令来自发动机 14 和/或电机 18 的扭矩。控制器 50 还控制齿轮箱 24 内的换挡的正时以及分离离合器 26 和变矩器旁通离合器 34 的接合或分离。与分离离合器 26 类似,可在接合位置和分离位置之间的范围内调节变矩器旁通离合器 34。除泵轮和涡轮之间的液力耦合产生的可变打滑之外,这也在变矩器 22 中产生可变打滑。可替代地,取决于特定应用,变矩器旁通离合器 34 可以运转为锁止或打开而不使用调节的运转模式。

[0038] 为了通过发动机 14 驱动车辆,分离离合器 26 至少部分地接合以将至少一部分发动机扭矩通过分离离合器 26 传输至电机 18 并且再从电机 18 传输通过变矩器 22 和齿轮箱 24。电机 18 可以通过提供使轴 30 转动的额外功率而辅助发动机 14。该运转模式可以称为“混合动力模式”或“电动辅助模式”。

[0039] 为了利用电机 18 作为唯一动力源驱动车辆,除了分离离合器 26 将发动机 14 与动力传动系统 12 的剩余部分隔离开之外,动力流保持相同。这段时间期间可以禁用或者关闭发动机 14 中的燃烧以节省燃料。例如,牵引电池 20 通过线路 54 将存储的电能传输至可以包括逆变器的电力电子器件 56。电力电子器件 56 将来自电池 20 的 DC 电压转换成 AC 电压以供电机 18 使用。控制器 50 命令电力电子器件 56 将来自电池 20 的电压转换成提供至 M/G 18 的 AC 电压以将正的或负的扭矩提供至轴 30。该运转模式可以称为“纯电动”运转模式。

[0040] 在任意运转模式中,电机 18 可以作为马达运转并且为动力传动系统 12 提供驱动力。可选地,电机 18 可以作为发电机运转并且将来自动力传动系统 12 的动能转换成电能存储在电池 20 中。例如,当发动机 14 为车辆 10 提供推进动力时,电机 18 可以作为发电机运转。此外,在来自旋转的车轮 42 的旋转能通过齿轮箱 24 回传并转换成电能存储在电池 20 中的再生制动的期间,电机 18 可以作为发电机运转。

[0041] 应理解图 1 中说明的示意图仅仅是示例并且不意味着限制。可以预想利用发动机和马达两者的选择性接合以通过传动装置进行传输的其它配置。例如,电机 18 可以与曲轴 28 偏移、可以提供额外的马达来启动发动机 14 和/或可以在变矩器 22 和齿轮箱 24 之间提供 M/G 18。在不脱离本公开的范围的情况下,可以预想其它配置。

[0042] 车辆诸如图 1 中举例说明的混合动力车辆可具有显著高于传统车辆的输入惯性。

这是由于以下的事实,除发动机 14 和变矩器 22 外,还有电机 18、分离离合器 26 和通常被用于在分离离合器 26 的接合和分离期间使传动系扰动最小化的可选的飞轮(例如,双质量飞轮“DMF”)29。如果设置 DMF 29,则 DMF 29 不只是用于防止分离离合器 26 受到过多的扭转应力和疲劳,还承载大量的惯性。在高转速换挡(即,当轴 30 或泵轮以相对高的转速旋转时发生的换挡)期间,动力传动系统中的这些元件中的每个均引入了完成平顺的换挡事件转变必须被考虑和控制的要素。例如,当就在齿轮箱中的换挡事件之前泵轮旋转得相对快时,由于在换挡事件之后泵轮的转速急剧下降,所述换挡事件会导致动力传动系统中的扭矩增加。在这些高转速换挡事件期间,如果未控制发动机扭矩,则发动机扭矩由于惯性和泵轮转速的降低而自然增加。

[0043] 在这些换挡事件的惯性阶段期间,应降低动力传动系统中的发动机扭矩以补偿由泵轮转速下降产生的惯性扭矩增加。根据本公开的各个实施例,分离离合器 26 能够被控制为适应并减轻在动力传动系统中出现的这种扭矩增加。例如,能够通过控制器命令减小分离离合器 26 处的液压压力,以便在高转速换挡事件期间允许分离离合器打滑。在一些即将到来的高转速换挡事件期间,在给定的转速,惯性扭矩增加的大小可能会超过可用的发动机扭矩和可用的电机负扭矩。例如,参见图 2,图 2 示出了作为转速的函数的电机中的可用负扭矩的示例的表示。在这些时间降低分离离合器 26 处的压力或使分离离合器 26 打滑能够在高转速换挡时减轻传动系扰动。

[0044] 参照图 3,下文描述由控制器实现的控制策略的一个实施例,所述控制策略用于减小或消除动力传动系统中出现的惯性,由此减小或消除在换挡事件期间由车辆的乘员察觉到的动力传动系统扰动。首先,在 102,控制器确定换挡计划并由此确定指示预期的换挡事件的条件。换挡可被命令为车速和加速器踏板位置的函数;由此所述换挡计划根据这些条件而改变。因此,在任何给定时间基于换挡计划可预测在预期的换挡事件开始时的泵轮转速。

[0045] 在 104,控制器基于例如车速和加速器踏板位置来确定是否预期到即将到来的换挡事件。控制器能够在齿轮箱将要改变挡位的精确时刻估计预期的换挡事件。

[0046] 如果预期到即将到来的换挡事件,则在 106,对扭矩进行比较以确定分离离合器的改变对减小由于换挡期间的惯性引起的预期的“换挡冲击”是否必要。例如,控制器能够计算由于在齿轮箱的输入处的惯性而所需的扭矩减小的估计量 T:

$$[0047] \quad T = I \alpha \quad (1)$$

[0048] 其中, I 是在齿轮箱的输入处的惯性,  $\alpha$  是由于换挡而导致的齿轮箱的输入的预期的角加速度。能够基于被切换的命令的挡位的已知传动比(例如,基于齿数)来计算加速度  $\alpha$ 。例如,示例性的传动装置齿轮箱具有传动比为 1.912 的 3 挡和传动比为 2.984 的 2 挡,阶梯常数为 1.561。因此,如果在 3500RPM 处命令从 2 挡换到 3 挡,同时在换挡之后变矩器被锁止,则齿轮箱输入的转速将是  $3500/1.561 = 2242\text{RPM}$ 。当在升挡期间传动比由于即将接合的离合器的压力的上升而改变时,所述换挡策略还维持目标惯性过渡时间或阶段时间 ( $t_{\text{shift}}$ )。因此,加速度  $\alpha$  能够被计算为转速差 ( $3500-2242 = 1258\text{RPM}$ ) 除以阶段时间  $t_{\text{shift}}$ :

$$[0049] \quad \alpha = \frac{(\omega_2 - \omega_1)}{t_{\text{shift}}} \quad (2)$$



[0050] 其中,  $\omega_2$ 是在换挡之后齿轮箱的输入(例如,泵轮)的转速,  $\omega_1$ 是在换挡之前齿轮箱的输入的转速,  $t_{\text{shift}}$ 是惯性阶段时间。

[0051] 所需的扭矩减小的估计量  $T$  是在 106 进行的整个比较的一部分。控制器比较下列扭矩:

$$[0052] \quad T(I, \alpha) - T_{\text{eng\_bs}} > |T_{\text{brk}} + T_{\text{MG}}| \quad (3)$$

[0053] 其中,  $T_{\text{eng\_bs}}$ 是在换挡事件之前测量的发动机扭矩,  $T_{\text{brk}}$ 是发动机泵送扭矩(即,发动机制动扭矩,在燃烧周期上的平均扭矩),  $T_{\text{MG}}$ 是在  $\omega_2$ 时来自电机(M/G)的可用的最小负扭矩。利用这个比较,控制器有效地确定换挡所需的扭矩减小与在换挡事件之前的发动机扭矩之间的差是否超过负扭矩来源(例如,发动机制动扭矩和电机中可用的最小可用负(例如,再生)扭矩)的组合。如果这样的关系为真,则扭矩增加的大小超过可用的发动机扭矩和可用的电机负扭矩,导致可在动力传动系统中出现并由车辆乘员察觉到的上述“换挡冲击”。

[0054] 如果 106 的关系为真,则在 108,控制器能够在即将到来的换挡事件期间准备并计划分离离合器打滑。当换挡事件按照其换挡计划发生时,在 110,控制器通过例如命令减少离合器处的液压流体以减小离合器容量来命令分离离合器打滑。因此,该打滑将发动机、飞轮和分离惯性的一部分与动力传动系统的其余部分分离。这有效地降低了在动力传动系统处产生的全部惯性并减小或消除了由于过多的扭矩而导致的换挡冲击。

[0055] 以上概述的控制策略最适合发动机开启且分离离合器锁止而即将进入计划的换挡事件的情况。当然,如果分离离合器已经以打滑状态运转,则控制器能够进一步减小压力从而减小扭矩。

[0056] 在 112,控制器可通过例如命令增加分离离合器处的液压压力而在换挡事件完成之后重新锁止离合器。这使发动机返回到其在换挡事件之前所处的结合状态。

[0057] 然而,如果在 106 的比较不为真,则预期将在即将到来的换挡事件期间出现的扭矩差没有升高到会导致显著的换挡冲击的量。因此,使发动机和飞轮分离可能是不必要的。因此,在 114,控制器维持正常的分离离合器压力命令,并且在 116 换挡事件在该正常的分离离合器压力下发生。

[0058] 图 4 中示出了利用上面描述的控制策略的车辆的示例性测试结果。当发动机和电机的转速增加,同时接近预期的换挡事件时,驱动轴扭矩开始减小。大约在换挡事件的同时或就在换挡事件之前,分离离合器开始打滑。随着新的挡位被激活,电机扭矩相应地减小且发动机和电机的转速减小。当在换挡事件之后打滑降低时,分离离合器返回到正常运转。

[0059] 在此公开的过程、方法或者算法可以传递到可包括任何现有的可编程电子控制单元或专用的电子控制单元的处理装置、控制器或计算机,或者可以由这些处理装置、控制器或计算机来实现。同样地,可通过控制器或计算机以多种形式将所述过程、方法或算法存储为可执行的数据和指令,所述形式包括但不限于永久性存储在非可写存储介质(诸如只读存储器装置)上的信息以及可改变地存储在可写存储介质(诸如软盘、磁带、CD、随机存取存储器装置及其他磁和光学介质)上的信息。所述过程、方法或算法也可以在软件可执行对象中实现。或者,所述过程、方法或算法也可以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、控制器或其他硬件组件或装置),或者硬件、软件和固件组件的组合来全部地或部分地实现。

[0060] 虽然上面描述了示例性实施例,但是并不意味着这些实施例描述了权利要求所涵盖的所有可能的形式。说明书中使用的词语为描述性词语而非限制,并且应理解的是,在不脱离本公开的精神和范围的情况下,可作出各种改变。如之前所描述的,可组合各个实施例的特征以形成本发明的可能未被明确示出或描述的进一步的实施例。虽然各个实施例可能已被描述为提供优点或在一个或多个期望的特性方面优于其他实施例或现有技术实施方式,但是本领域的普通技术人员应该认识到,根据具体应用和实施方式,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、耐久性、生命周期成本、可销售性、外观、包装、尺寸、可维护性、重量、可制造性、装配容易性等。因此,被描述为在一个或多个特性方面不如其他实施例或现有技术实施方式的实施例并不在本公开的范围之外,并且可以期望用于特定应用。

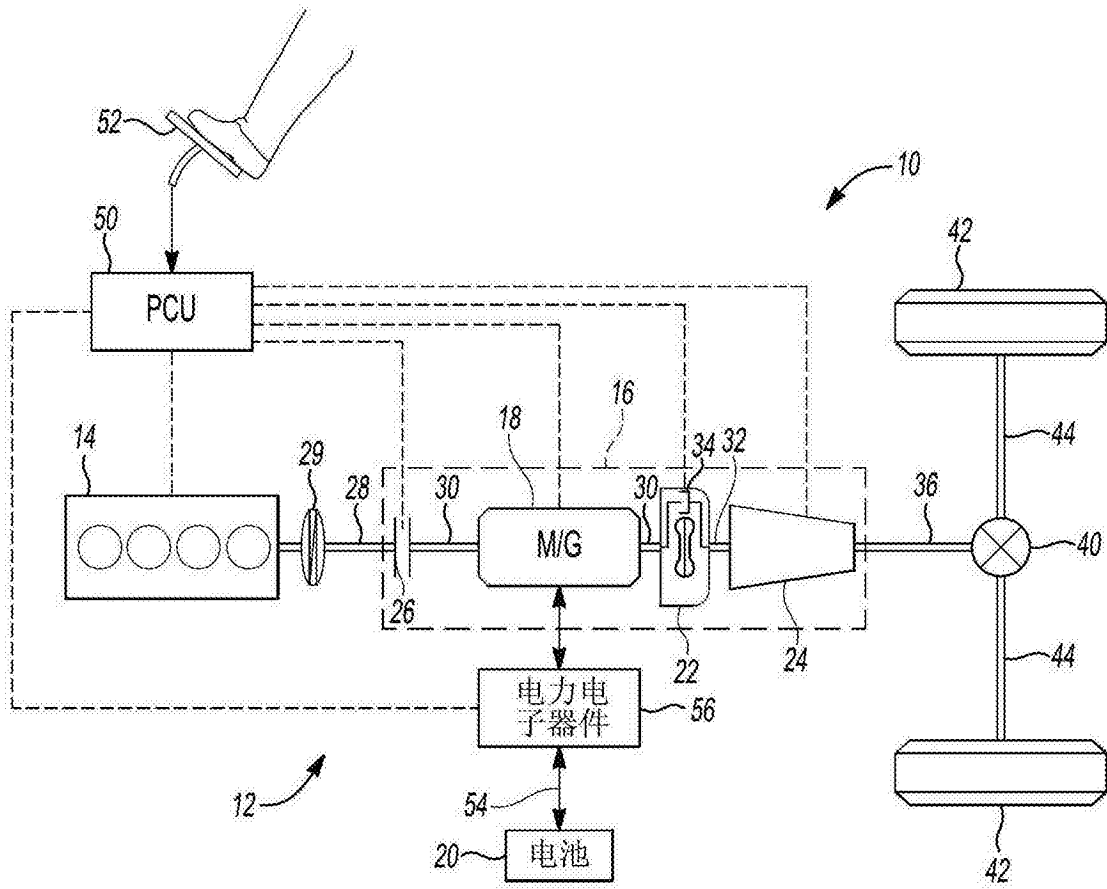


图 1

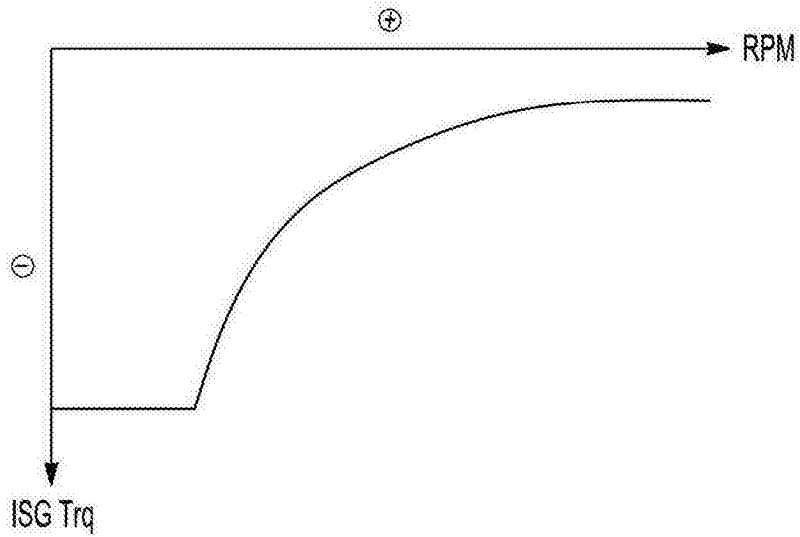


图 2

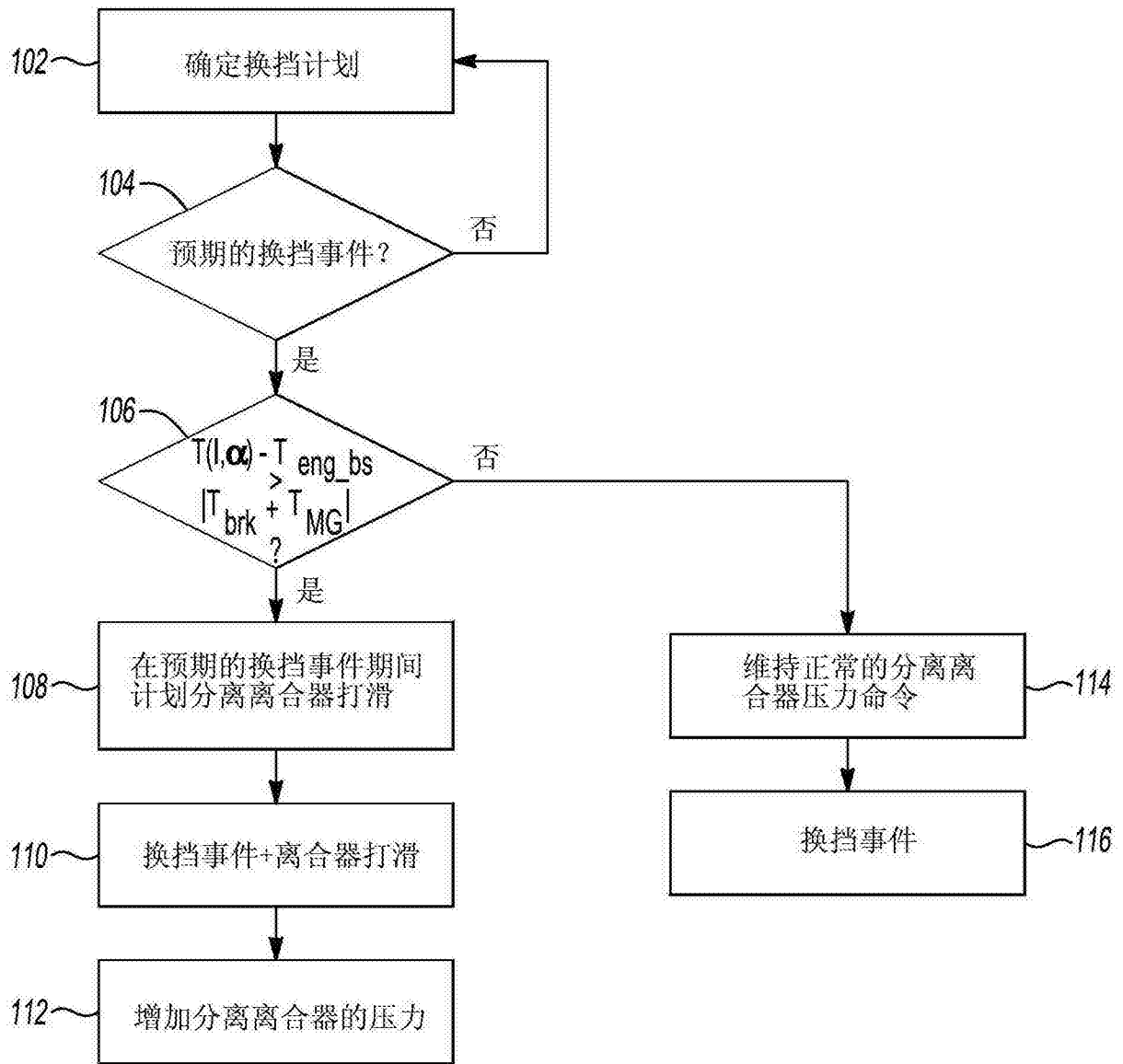


图 3

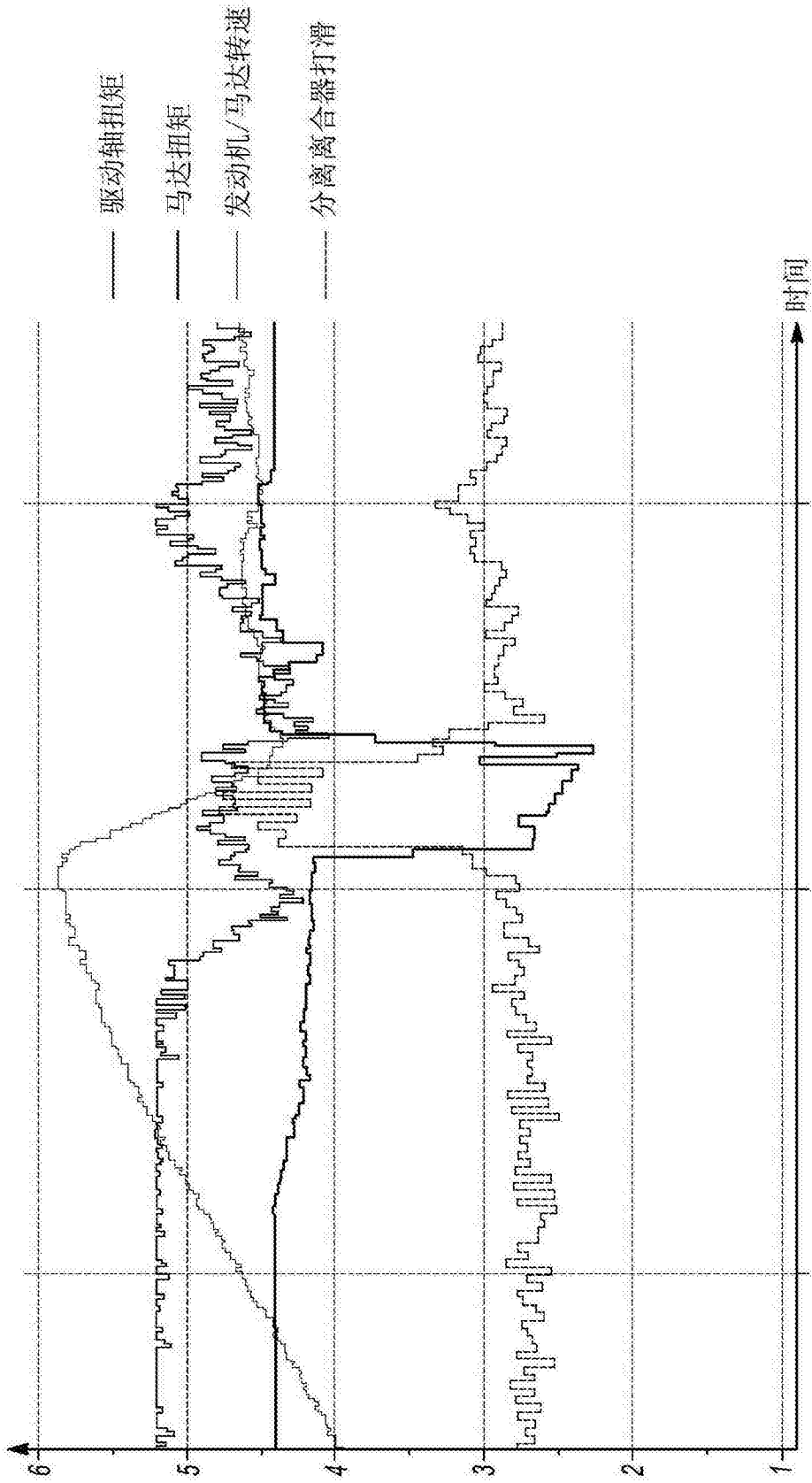


图 4