



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101445111 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 23

(21) 申请号 200810188723. 3

(22) 申请日 2008. 11. 03

(30) 优先权数据

60/985218 2007. 11. 03 US

12/253221 2008. 10. 16 US

(73) 专利权人 通用汽车环球科技运作公司

地址 美国密执安州

(72) 发明人 A·H·希普 J·L·拉蒂

A·J·科尔塞蒂

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

72001

代理人 薛峰 杨松龄

(51) Int. Cl.

B60W 20/00(2006. 01)

B60W 10/06(2006. 01)

B60W 10/08(2006. 01)

B60W 10/24(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2005/0126836 A1, 2005. 06. 16, 全文.

CN 1498792 A, 2004. 05. 26, 全文.

US 2006/0037578 A1, 2006. 02. 23, 全文.

US 2005/0072609 A1, 2005. 04. 07, 全文.

JP 2006-335176 A, 2006. 12. 14, 全文.

审查员 高扬

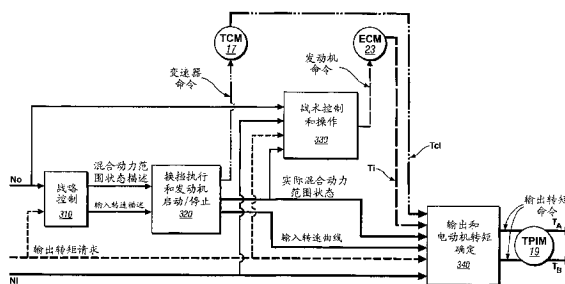
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 6 页

(54) 发明名称

混合动力系系统中发动机的操作方法

(57) 摘要

本发明涉及混合动力系系统中发动机的操作方法。其中,发动机和电动机可操作地将牵引力和变速器装置相连,从而控制传送到输出部件的输出功率。电机与电能存储装置电耦合。用于控制发动机和电机的方法包括:监控驾驶员功率请求,监控电能存储装置的充电状态,基于驾驶员功率请求和电能存储装置的充电状态确定多个备选发动机工作点中每一个工作点的运行成本;以及在具有优选运行成本的备选发动机工作点处运行发动机。



1. 一种控制发动机和电机的方法,其中所述发动机和电机可操作地将牵引力与变速装置相连从而控制传送到输出部件的输出功率,而且所述电机与电能存储装置电耦合,该方法包括:

监控驾驶员功率请求;

监控电能存储装置的充电状态;

基于驾驶员功率请求和电能存储装置的充电状态确定多个备选发动机状态中的每一个的多个备选发动机工作点中每一点的运行成本;

基于多个备选发动机状态中的每一个的多个备选发动机工作点中每一点的运行成本来选择优选的发动机状态和相对应的优选的发动机工作点;以及

以所述优选的发动机状态和所述相对应的优选的发动机工作点来运行发动机。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中确定运行成本包括确定每个备选发动机工作点的发动机功率损耗成本。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其中确定运行成本进一步包括基于电能存储装置充电状态确定发动机功率损耗成本偏差因子。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其中确定运行成本进一步包括确定电池功率损耗成本。

5. 如权利要求 4 所述的方法,其中确定运行成本进一步包括基于电能存储装置充电状态确定电池功率成本偏差因子。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其中确定每个备选发动机工作点的运行成本包括确定机械功率损耗成本、电机功率损耗成本和刹车功率损耗成本。

7. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

确定备选发动机工作点的搜索范围;

在搜索范围内执行搜索功能以在搜索范围内选择备选发动机工作点;

确定每个备选发动机工作点的运行成本;以及

选择具有最低成本的备选发动机工作点作为优选发动机工作点。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其中确定每个备选发动机工作点的运行成本包括确定发动机状态的每个备选发动机工作点的运行成本,该发动机状态包括供油发动机状态和停油发动机状态。

9. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

确定来自发动机的输入转矩的搜索范围;

在来自发动机的输入转矩的搜索范围内执行搜索功能,以在搜索范围内选择备选输入转矩;

确定每个备选输入转矩的运行成本;以及

选择具有最低成本的备选输入转矩作为发动机优选输入转矩。

10. 如权利要求 1 所述的方法,其中监控驾驶员功率请求包括监控驾驶员转矩请求。

11. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

基于具有优选运行成本的备选发动机工作点和驾驶员动力请求确定优选电机转矩;以及

基于优选电机转矩运行电机。

12. 如权利要求 1 所述的方法,其中发动机工作点包括输入变速器装置的发动机输入

转矩。

13. 一种控制发动机和电机的方法,其中所述发动机和电机将牵引功率与变速装置相连从而控制输出到输出部件的功率,所述电机与电能存储装置电耦合,该方法包括:

监控驾驶员功率请求;

监控电能存储装置的充电状态;

为多个备选发动机状态中每个状态选择备选发动机工作点;

基于驾驶员功率请求和电能存储装置的充电状态确定多个备选发动机状态中每一个状态的每一个备选发动机工作点的运行成本;以及

以对应于优选运行成本的备选发动机工作点和备选发动机状态来运行发动机。

14. 如权利要求 13 所述的方法,其中备选发动机状态包括供油发动机状态和停油发动机状态。

15. 如权利要求 13 所述的方法,其中为发动机状态选择备选发动机工作点包括在备选发动机工作点搜索范围内确定优选发动机工作点。

16. 如权利要求 13 所述的方法,其中备选发动机状态包括供油全缸状态;停油全缸状态;供油停缸状态;以及停油停缸状态。

17. 如权利要求 13 所述的方法,其中发动机工作点包括发动机速度、发动机转矩和发动机功率之一。

18. 一种控制发动机和电机的方法,其中所述发动机和电机将牵引功率传送到变速器装置从而控制输出到输出部件的输出功率,且所述电机与电能存储装置电耦合,该方法包括:

监控驾驶员转矩请求;

监控电能存储装置的充电状态;

基于驾驶员功率请求和电能存储装置的充电状态确定多个备选发动机状态的多个备选发动机转矩的运行成本;以及

以具有最小运行成本的所选一个备选发动机状态和所选一个备选发动机转矩来运行发动机。

混合动力系系统中发动机的操作方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2007 年 11 月 3 日提交的美国临时申请 60/985,218 的权益,在此将其公开内容并入本文作为参考。

技术领域

[0003] 本发明涉及混合动力系系统,具体而言涉及混合动力系系统中发动机和电机的控制方法。

背景技术

[0004] 本部分描述仅是为了提供与本发明相关的背景信息,可能并不构成现有技术。

[0005] 公知的动力系结构包含转矩发生装置,该转矩发生器包括内燃机和电机,通过变速器装置将转矩传给输出部件。一个示例性的动力系包括双模式、复合分离、机电变速器和输出部件,其中变速器利用输入部件从原动机动力源(优选内燃机)接收驱动转矩。输出部件和机动车的传动系可操作地相连,以便将牵引转矩传送给车辆。可作为电动机或发电机运行的电机产生输入变速器的转矩,该转矩输入与内燃机的转矩输入无关。电机还可将经由车辆传动系统传来的车辆动能转化为可存储于电能存储装置中的电能。控制系统监控来自车辆和驾驶员的各种输入,并且对动力系提供可操作控制,包括控制变速器运行状态和换挡,控制转矩发生装置,以及调节电能存储装置和电机之间的电能交换以控制变速器的输出,包括转矩和转速。

发明内容

[0006] 本发明要解决的一个技术问题是优选成本运行发动机,从而使发动机和动力系系统的能量有效运行。

[0007] 根据一个实施例,发动机和电机将牵引功率和变速器装置可操作地相连,从而控制传至输出部件的输出功率。电机与电能存储装置电耦合。一种用于控制发动机和电机的方法,包括:监控驾驶员功率请求,监控电能存储装置的充电状态,基于驾驶员功率请求和电能存储装置的充电状态确定多个备选发动机工作点中每个工作点的运行成本;并在具有优选运行成本的备选发动机工作点处运行发动机。

[0008] 根据另一个实施例,一种控制发动机和电动机的方法,其中所述发动机和电动机将牵引功率与变速装置相连从而控制输出到输出部件的功率,所述电动机与电能存储装置电耦合,该方法包括:监控驾驶员功率请求;监控电能存储装置的充电状态;为多个发动机状态中每个状态选择备选发动机工作点;基于驾驶员功率请求和电能存储装置的充电状态确定多个用于发动机状态中每一个状态的每一个备选发动机工作点的运行成本;以及在具有优选运行成本的备选发动机工作点处运行发动机。

[0009] 根据另一个实施例,一种控制发动机和电动机的方法,其中所述发动机和电动机将牵引功率与变速装置相连从而控制输出到输出部件的功率,所述电动机与电能存储装置

电耦合,该方法包括:监控驾驶员功率请求;监控电能存储装置的充电状态;为多个发动机状态中每个状态选择备选发动机工作点;基于驾驶员功率请求和电能存储装置的充电状态确定多个用于发动机状态中每一个状态的每一个备选发动机工作点的运行成本;以及在具有优选运行成本的备选发动机工作点处运行发动机。

附图说明

[0010] 现通过示例,参照附图,对一个或多个具体实施例进行说明,其中:

[0011] 图 1 是本发明的示例性动力系的示意图;

[0012] 图 2 是本发明的控制系统和动力系的示例性结构的示意图;

[0013] 图 3、4 和 5 是本发明的用于在动力系系统中控制和管理转矩的控制系统结构的流程图示意图;

[0014] 图 6 用图表描述了本发明的发动机功率充电状态成本因子与电能存储装置充电状态之间的关系;

[0015] 图 7 用图表描述了本发明的发动机功率损耗曲线,发动机功率损耗偏差因子曲线,以及总功率损耗曲线;

[0016] 图 8 用图表描述了本发明的电能存储装置正充电状态成本因子,电能存储装置负充电状态成本因子,以及电能存储装置转换充电状态成本因子分别与与电能存储装置充电状态的关系曲线;和

[0017] 图 9 用图表描述了本发明中当电能存储装置分别处于高、中、低三种充电状态等级情况下,电能存储装置充电状态偏差因子电能与电能存储装置功率之间的关系。

具体实施方式

[0018] 现参照附图,其中图示的目的只是为了说明示例性的实施例,并非为了限制和图 1 和 2 所述示例性的机电混合动力系相同的实施例。图 1 描述了依照本发明的典型机电混合动力系,其包含一个双模式、复合分离、机电混合变速器 10,该变速器 10 和发动机 14、第一电机 (MG-A) 56 以及第二电机 (MG-B) 72 可操作地相连。发动机 14 和第一、第二电机 56 和 72 分别产生可传送给变速器 10 的功率。由发动机 14 和第一、第二电机 56 和 72 产生并且传送给变速器 10 的功率可采用输入转矩和电机转矩,这里分别用 T_I , T_A 和 T_B 表示,以及输入转速和电机转速进行描述,这里分别用 N_I , N_A 和 N_B 表示。

[0019] 示例性发动机 14 包含一台多缸内燃机,其可选择地在多个工况下运行并通过输入轴 12 将转矩传递给变速器 10,该内燃机可以是火花点火型发动机,或者压缩点火型发动机。发动机 14 还包括和变速器 10 的输入轴 12 可操作地相连的曲轴(未示出)。转速传感器 11 监测输入轴 12 的转速。由于在发动机 14 和变速器 10 之间的输入轴 12 上放置了转矩消耗组件,例如液压泵(未示出)和/或转矩控制装置(未示出),来自发动机 14 的功率输出——包括转速和发动机转矩,可以与变速器 10 的输入转速 N_I 和输入转矩 T_I 不同。

[0020] 示例性变速器 10 包括三组行星齿轮组 24, 26 和 28, 以及四个可选啮合的转矩传递装置,即离合器 C1 70, C2 62, C3 73 和 C4 75。正如此处所用,离合器是指任何类型的摩擦转矩传递装置,例如包括单一或复合圆片离合器或组、带式离合器和制动装置。优选由变速器控制模块(以下称为 TCM) 17 控制的液压控制回路 42 可操作地控制离合器的状态。离合

器 C2 62 和 C4 75 优选由液压 - 致动旋转摩擦离合器构成。离合器 C1 70 和 C3 73 优选包括液压控制的固定装置, 该装置可选择地固定在变速器壳体 68 上。离合器 C1 70, C2 62, C3 73 和 C4 75 均优选液压致动, 通过液压控制回路 42 选择性地接收加压液压流体。

[0021] 第一和第二电机 56 和 72 优选由三相交流电机 (AC machines) 组成, 每台电机都包括一个定子 (未示出), 一个转子 (未示出) 和各自的旋转变压器 80、82。每台电机的定子都固定在变速器壳体 68 外部, 包括带有线圈电绕组的定子铁心。第一电机 56 的转子支撑在一毂衬盘形齿轮上, 该齿轮通过第二行星齿轮组 26 可操作地连接到轴 60 上。第二电机 72 的转子固定连接于套轴毂衬 66。

[0022] 每个旋转变压器 80, 82 优选由可变磁阻装置组成, 包括一个旋转变压器定子 (未示出) 和一个旋转变压器转子 (未示出)。旋转变压器 80, 82 分别被适当地定位组装在第一和第二电机 56 和 72 上。旋转变压器 80, 82 各自的定子分别可操作地连接在第一和第二电动机 56 和 72 的定子上。旋转变压器的转子可操作地连接于相应的第一和第二电动机 56 和 72 的转子。旋转变压器 80, 82 都和变速器电能逆变器控制模块 (下面称为 TPIM) 19 可操作地信号相连, 并且分别检测和监控各旋转变压器转子相对于该旋转变压器定子的旋转位置, 从而监控第一和第二电机 56 和 72 各自的旋转位置。另外, 对变压器 80, 82 的输出信号进行解码, 可以获得第一和第二电机 56 和 72 各自的转速, 即 N_A 和 N_B 。

[0023] 变速器 10 包括输出部件 64, 例如和车辆传动系 90 (未示出) 可操作地相连的轴, 以便向传动系 90 提供输出到车轮 93 的输出功率, 图 1 中示出了其中一个车轮。输出部件 64 处的输出功率采用输出转速 N_0 和输出转矩 T_0 来描述。变速器输出转速传感器 84 监测输出部件 64 的转速和旋转方向。每个车轮 93 都优选配有用于监测车轮速度 V_{SS-WHL} 的传感器 94, 其输出由图 2 所示的分布式控制模块系统中的一个控制模块进行监控, 以确定用于刹车控制、牵引控制和车辆加速管理的车速、绝对车轮速度和相对车轮速度。

[0024] 来自发动机 14 的输入转矩以及来自第一和第二电机 56 和 72 的电动机转矩 (分别用 T_T , T_A 和 T_B 表示) 由燃料或储存在电能存储装置 (下面称为 ESD) 74 中的电能发生能量转化而来。ESD 74 经由直流电导体 27 和 TPIM 19 高压直流耦合。电导体 27 包含接触器开关 38。正常运行情况下, 接触器开关 38 闭合, 电流可在 ESD 74 和 TPIM 19 之间流动。当接触器开关 38 断开时, ESD 74 和 TRIM 19 之间流动的电流被中断。TPIM 19 和第一电机 56 之间通过电导体 29 互相传输电能, 与此类似, TPIM 19 和第二电机 72 之间通过电导体 31 互相传输电能, 从而满足对第一和第二电机 56 和 72 的转矩要求, 以响应电动机转矩 T_A 和 T_B 。电流是输入到 ESD 74 还是从 ESD 74 输出取决于 ESD 74 是充电还是放电。

[0025] TPIM 19 包括一对功率变换器 (未示出) 和相应的电动机控制模块 (未示出), 用来接收转矩命令并据此控制变换器状态, 从而提供电动机驱动或者能量再生功能, 以满足所需的电机转矩 T_A 和 T_B 。功率变换器由公知的互补型三相电力电子装置构成, 每个装置包括多个绝缘栅双极型晶体管 (未示出), 通过高频开关的方法将 ESD 74 中的直流电转换成交流电, 用于分别驱动第一和第二电机 56 和 72。绝缘栅双极型晶体管构成开关电源配置, 以接收控制指令。每台三相电机的每一相都典型配置一对绝缘栅双极型晶体管。控制绝缘栅双极型晶体管的状态, 可分别提供电机驱动机械能的产生或电能再生功能。根据第一和第二电机 56 和 72 是作为电动机运行还是作为发电机运行, 三相变换器通过直流电导体 27 相应接收或者提供直流电能, 并且对应将直流电转换成三相交流电或从三相交流电转换

成直流电,分别经由传递导体 29 和 31 将电能传输到第一和第二电动机 56 和 72,或接收从第一和第二电动机 56 和 72 输出的电能。

[0026] 图 2 是分布式控制模块系统的方块示意图。以下说明的元件由车辆整体控制结构的子集构成,并且提供了如图 1 所述典型混合动力系的协同系统控制。分布式控制模块系统综合有关信息和输入,并执行算法来控制各种执行器以实现控制目标,包括和燃油经济性、排放、性能、驾驶性和硬件保护相关的目标,所述硬件包括 ESD 74 的电池和第一和第二电机 56 和 72。分布式控制模块系统包括发动机控制模块(下面称 ECM)23,TCM 17,电池组控制模块(下面称 BPCM)21,以及 TPIM 19。混合控制模块(下面称 HCP)5 对 ECM23,TCM17, BPCM21 以及 TPIM 19 提供监控和协调。用户接口(UI)13 和多个装置可操作地相连,籍此车辆驾驶员能够控制或者指挥机电混合动力系的运行。这些装置包括油门踏板 113(AP)、驾驶员刹车踏板 112(BP)、变速器档位选择器 114(PRN DL)和车速巡航控制器(未示出)。变速器档位选择器 114 可具有离散数目个、驾驶员可选择的档位,还包括控制输出部件 64 的旋转方向,以使其正转或反转。

[0027] 上述控制模块都通过局域网(下面简称 LAN)总线 6 与其它控制模块、传感器和执行器相连。LAN 总线 6 使得各种控制模块之间可以对运行参数的情况和执行器命令信号进行结构化通信。所用特定通信协议是专用的。LAN 总线 6 和适当的协议为上述控制模块和其它控制模块之间提供了可靠的通信和多控制模块接口,所述的其它控制模块提供了诸如防止刹车抱死、牵引控制和车辆失稳等方面的功能。可采用多种通信总线来提高通信速度,并提供一定程度的信号冗余度和完整性。个别控制模块之间的通信也可采用直接连接的方法来实现,例如串行外设接口(SPI)总线(未示出)。

[0028] HCP 5 提供混合动力系的监控,用于协调 ECM 23,TCM 17,TPIM 19 和 BPCM 21 的运行。基于来自用户接口 13 和包括 ESD74 在内的混合动力系的各种输入信号,HCP 5 可确定:驾驶员转矩请求,输出转矩命令,发动机输入转矩命令,变速器 10 的转矩传递离合器 C1 70,C2 62,C3 73,C4 75 中所使用离合器的离合器转矩,以及第一和第二电机 56 和 72 的电动机转矩 T_A 和 T_B 。TCM 17 和液压控制回路 42 可操作地相连,并提供各种功能,包括监控各种压力传感装置(未示出),产生和传输控制信号到各个电磁线圈(未示出),以控制液压控制回路 42 包含的压力开关和控制阀。

[0029] ECM 23 和发动机 14 可操作地相连,用来通过多条分散的线路从传感器获取数据,并控制发动机 14 的执行器,其中多条分散的线路被简单表示为总体双向接口电缆 35。ECM 23 接收来自 HCP 5 的发动机输入转矩命令。基于传至 HCP 5 的监控到的发动机速度和负载,ECM 23 及时确定该工作点的实际的发动机输入转矩 T_I ,并提供给变速器 10。ECM 23 监控来自转速传感器 11 的输入信号以确定传输给输入轴 12 的发动机输入转速,输入轴 12 将其转变为变速器输入转速 N_I 。ECM 23 还监控来自传感器(未示出)的输入信号以确定其它发动机运行参数的状态,包括:进气管压力、发动机冷却液温度、环境空气温度以及环境压力。例如,可根据进气管压力,或者通过监控驾驶员对油门踏板的输入来确定发动机负载。ECM 23 产生并传送命令信号来控制发动机执行器,包括诸如燃料喷射器,点火模块和节气门控制模块,这些执行器均未示出。

[0030] TCM 17 和变速器 10 可操作地相连,并监控来自传感器(未示出)的输入信号从而确定变速器运行参数的状态。TCM 17 产生并且传送命令信号以控制变速器 10,包括控

制液压控制回路 42。从 TCM 17 到 HCP 5 的输入包括用于每个离合器,即 C1 70, C2 62, C3 73 和 C4 75 的估计预测的离合器转矩,以及输出轴 64 的输出转速 N_0 。出于控制目的,可以使用其它致动器和传感器将额外信息从 TCM17 提供给 HCP5。TCM 17 监控压力开关(未示出)的输入,并且选择性地驱动液压控制回路 42 的压力控制电磁线圈(未示出)和液压控制回路 42 的切换电磁线圈(未示出),从而选择性地驱动各离合器 C1 70, C2 62, C3 73 和 C475,以实现如下所述的各种变速器工作范围状态。

[0031] BPCM 21 和传感器(未示出)信号连接,以监控 ESD 74,包括电流或电压参数的情况,从而向 HCP 5 提供 ESD 74 电池参数状态的指示信息。电池参数状态优选包括电池充电状态,电池电压,电池温度和可用电量,用 $P_{\text{BAT-MIN}}$ 到 $P_{\text{BAT-MAX}}$ 的范围表示。

[0032] 刹车控制模块(下面称 BrCM)22 和每个车轮 93 上的摩擦制动器(未示出)可操作地相连。BrCM22 监控刹车踏板 112 处的驾驶员输入,并产生控制信号以控制摩擦制动器,同时还向 HCP5 发送控制信号,以便在上述情况的基础上运行第一和第二电机 56 和 72。

[0033] 控制模块 ECM 23, TCM 17, TPIM 19, BPCM 21 和 BrCM22 均优选通用数字计算机,由微处理器或中央处理单元,存储介质,高速时钟,模数(A/D)和数模(D/A)转换电路,输入/输出电路和装置(I/O)和适当的信号调节和缓冲电路组成。其中,存储介质包括只读存储器(ROM)、随机存储器(RAM),电可编程只读存储器(EPROM)。每个控制模块都有一套控制算法,包括常驻程序指令和校准,所述常驻程序指令和校准被存储在上述存储介质之一,通过执行它们可以为每个计算机提供相应功能。各控制模块之间的信息传递优选使用 LAN 总线 6 和 SPI 总线实现。控制算法在预设的循环期间执行,以便每个算法在每个循环周期中至少被执行一次。存储于非易失性存储装置中的算法通过中央处理单元中的一个执行,以监控来自于传感器的输入,并且采用预设校准模式执行控制和诊断程序,从而控制执行器的运行。循环依照固定的时间间隔被执行,例如正在运行的混合动力系中,运行间隔可设定为 3.125, 6.25, 12.5, 25 和 100 毫秒。另外,算法也可能由于响应某事件的发生而被执行。

[0034] 示例性混合动力系可选择地运行在以发动机和变速器状态描述的多个工作范围状态之一,其中发动机状态包括发动机运行状态(ON)和发动机关闭状态(OFF)之一,变速器状态包括多个固定档位和连续可变工作模式,参照表 1。

[0035] 表 1

[0036]

类型	发动机状态	变速器工作范围状态	所用离合器
模式 1- 发动机关闭 (M1-Eng-Off)	关闭	EVT 模式 1	C1 70
模式 1- 发动机运行	运行	EVT 模式 1	C1 70

[0037]

(M1-Eng-On)

G1	运行	固定传动比 1	C1 70 C4 75
G2	运行	固定传动比 2	C1 70 C2 62
模式 2- 发动机关闭	关闭	EVT 模式 2	C2 62

(M2-Eng-Off)

模式 2- 发动机运行	运行	EVT 模式 2	C2 62
-------------	----	----------	-------

(M2-Eng-On)

G3	运行	固定传动比 3	C2 62 C4 75
G4	运行	固定传动比 4	C2 62 C3 73

[0038] 变速器每一种变速器的工作范围状态都在上表中得以描述,且对每种工作范围状态中所用到的特定离合器 C1 70, C2 62, C3 73 和 C4 75 也进行了提示。如果仅仅为了将第三行星齿轮组 28 的外齿轮元件“固定”,可通过致动离合器 C170,选择第一连续可变模式,即 EVT 模式 1 或 M1。发动机状态可以是“运行状态”(M1-Eng-On) 或者“关闭状态”(M1-Eng-Off) 两者中的一种。如果仅仅为了将轴 60 连接到第三行星齿轮组 28 的行星齿轮架上,可通过致动离合器 C2 62,选择第二连续可变模式,即 EVT 模式 2 或 M2。发动机状态可以是“运行状态”(M2-Eng-On) 或者“关闭状态”(M2-Eng-Off) 两者中的一种。出于描述的目的,当发动机状态为关闭状态时,发动机输入转速等于每分钟零转 (RPM),亦即,发动机曲轴不旋转。固定档位运行提供了变速器 10 的输入到输出转速的固定比率运行,即 N_T/N_0 。通过致动离合器 C1 70 和 C4 75 选择第一固定档运行模式 (G1)。通过致动离合器 C1 70 和 C2 62 选择第二固定档运行模式 (G2)。通过致动离合器 C2 62 和 C4 75 选择第三固定档运行模式 (G3)。通过致动离合器 C2 62 和 C3 73 选择第四固定档运行模式 (G4)。由于减少了行星齿轮组 24、26 和 28 的传动比,所以随着固定档运行模式的增加,输入到输出转速的固定速比也相应增加。第一和第二电机 56,72 各自的转速,即 N_A 和 N_B ,取决于由离合限定的机构的内旋转,并与在输入轴 12 处测得的输入转速成比例。

[0039] 在对用户接口 13 捕获的通过油门踏板 113 和刹车踏板 112 发生的驾驶员输入响应中, HCP 5 和一个或多个其它控制模块确定转矩命令,以控制包括发动机 14 和第一和第二电机 56 和 72 的转矩发生装置,从而满足驾驶员在输出部件 64 的转矩请求,并传送到传动系 90。基于来自用户接口 13 和包括 ESD74 在内的混合动力系的输入信号, HCP5 决定驾驶员的转矩请求,从变速器 10 到传动系 90 的所需输出转矩,来自发动机 14 的输入转矩,用于变速器 10 的转矩传递离合器 C1 70, C2 62, C3 73, C4 75 的离合器转矩;以及下面将描述到的,分别用于第一和第二电机 56 和 72 的电动机转矩。

[0040] 最终的车辆加速度还受到其它因素的影响,包括例如道路负荷、道路坡度和车辆质量。基于混合动力系的各种运行特性,可确定变速器 10 的工作范围状态。这包括如前所述的,通过油门踏板 113 和刹车踏板 112 传送到用户接口 13 的驾驶员转矩请求。基于混合动力系的转矩要求,工作范围状态是可确定的。其中,该转矩要求是由令第一和第二电机 56 和 72 在电能发生模式或转矩发生模式下运行的命令引起的。工作范围状态可通过优化算

法或程序来确定,该优化算法或程序可根据驾驶员功率要求,电池充电状态,以及发动机 14 与第一和第二电机 56 和 72 的能量效率来确定最优的系统效率。控制系统根据优化程序的运行结果管理来自发动机 14 以及第一和第二电机 56 和 72 的转矩输入,因此在控制燃油经济性及管理电池充电方面优化了系统效率。此外,还可以根据部件或系统的故障来决定操作。HCP 5 监控转矩发生装置,并决定变速器 10 所需的功率输出,该功率输出响应于为满足驾驶员的转矩请求而在输出部件 64 处期望的输出转矩。由上述显而易见,为了彼此之间的动力流传输,ESD74 以及第一和第二电机 56 和 72 之间实现可操作地电耦合。此外,发动机 14、第一和第二电机 56 和 72 以及机电变速器 10 之间实现可操作地机械耦合,以在它们之间传送动力,并给输出部件 64 产生动力流。

[0041] 图 3 描述了用于混合动力系系统中控制和管理信号流的的控制系统结构,该结构以可执行算法和校准的形式驻留在前述控制模块中,其中所述混合动力系系统包括多个转矩发生装置,将参照图 1 和 2 中的混合动力系系统在下文中进行描述。该控制系统结构可应用于具有多转矩发生装置的各种替代性混合动力系系统,例如,由一台发动机和一台电机构成的混合动力系系统,或者是由一台发动机和多台电机构成的混合动力系系统。

[0042] 在运行中,对油门踏板 113 和刹车踏板 112 进行操作的驾驶员输入量被监控,以确定驾驶员转矩请求(输出转矩请求)。对油门踏板 113 和刹车踏板 112 的驾驶员输入量由多个独立的、可确定的驾驶员转矩请求输入组成,包括直接加速输出转矩请求、预测加速输出转矩请求、直接刹车输出转矩请求、预测刹车输出转矩请求以及轴转矩响应类型。如此处所用,术语“加速”指的是当驾驶员选择变速器档位选择器 114 的档位指挥车辆前行时,驾驶员请求向前推进且结果倾向于令车速较目前车速有所提高。术语“减速”和“刹车”指的是驾驶员请求的结果倾向于是令车速较目前车速有所降低。对控制系统而言,直接加速输出转矩请求、预测加速输出转矩请求、直接刹车输出转矩请求、预测刹车输出转矩请求,以及轴转矩响应类型彼此之间是分别独立的输入。此外,发动机 14 和变速器 10 的运行被监控,以确定输入转速(N_i)和输出转速(N_o)。

[0043] 战略控制系统 310 基于输出速度和驾驶员转矩请求,同时还基于混合动力系的其它运行参数,包括电池功率极限和发动机 14、变速器 10 以及第一和第二电动机 56 和 72 的响应极限,来确定优选输入转速(输入转速描述),优选发动机状态和变速器工作范围状态(混合动力范围状态描述)。预测加速输出转矩请求和预测刹车输出转矩请求被输入到战略控制系统 310。战略控制系统 310 在每 100 毫秒(ms)循环周期和每 25 毫秒(ms)循环周期内优选由 HCP 5 执行。期望的变速器 10 工作范围状态和从发动机 14 到变速器 10 的期望输入速度被输入到换挡操作和发动机启动/停止控制系统 320。

[0044] 换挡操作和发动机启动/停止控制系统 320 控制着变速器运行中的变化(变速器命令),包括基于动力系系统的输入和运行来改变工作范围状态。这包括,如果优选工作范围状态不同于当前的工作范围状态,通过控制离合器 C1 70, C262, C3 73, C4 75 中一个或多个致动情况的改变和其它变速器命令,执行变速器工作范围状态改变的命令。当前工作范围状态(实际混合动力范围状态)和输入转速曲线是可以被确定的。输入转速曲线是对即将到来的输入转速的估测,并且优选由标量参数值构成,该数值是即将到来的循环周期的目标输入速度。发动机操作命令和驾驶员转矩请求都是建立在变速器工作范围状态中的转换期间的输入速度曲线基础之上的。

[0045] 战术控制系统(Tactical Control and Operation)330在控制循环周期内的一个期间被重复执行,以确定用于操作发动机14的发动机命令,包括基于输出转速、输入转速以及驾驶员转矩请求,从发动机14输入到变速器10的优选输入转矩,并且驾驶员转矩请求包括直接加速输出转矩请求、预测加速输出转矩请求、直接刹车输出转矩请求、预测刹车输出转矩请求、轴转矩响应类型以及变速器当前工作范围状态。所述发动机命令还包括两类发动机状态,第一类包括全缸运行状态和停缸运行状态二者之一,其中停缸运行状态是指部分发动机气缸停止运行并终止供应燃油的状态,第二类包括供油状态和停油状态二者之一。由发动机14的优选输入转矩以及在发动机14与输入部件12之间起作用的当前输入转矩(T_i)构成的发动机命令优选在ECM23中确定。用于离合器C1 70,C262,C3 73和C4 75中各自的离合器转矩(T_{c1}),包括当前致动离合器和非致动离合器,优选在TCM17内评估。

[0046] 输出和电机转矩确定系统340被用来决定来自动力系的优选输出转矩(输出转矩命令)。这包括确定电机转矩命令(T_A, T_B),从而将净所需输出转矩传递到变速器10的输出部件64,以便更好地满足驾驶员转矩请求,在本具体实施方式中是通过控制第一和第二电动机56和72来实现的。直接加速输出转矩请求、直接刹车输出转矩请求、来自发动机14的当前输入转矩和估测的致动离合器转矩、变速器10的当前工作范围状态、输入转速、输入转速曲线以及轴转矩响应类型都是输入信号。输出和电动机转矩确定系统340在一个循环的每次重复期间被运行,以确定电机转矩命令。输出和电机转矩确定系统340包含算法代码,且在6.25ms和12.5ms循环期间定期运行以确定优选的电动机转矩命令。

[0047] 当驾驶员选择变速器档位选择器114的位置,控制车辆运行在前行方向时,混合动力系受控以响应油门踏板113处的驾驶员输入,从而将输出转矩传送到输出部件64,并和传动系统90作用,在车轮93处产生牵引转矩,推动车辆前行。类似地,当驾驶员选择变速器档位选择器114的位置,控制车辆运行在倒退方向时,混合动力系受控以响应油门踏板113处的驾驶员输入,从而将输出转矩传送到输出部件64,并和传动系统90作用,在车轮93产生牵引转矩,沿倒退方向推动车辆。更合适的说法是,只要输出转矩足够克服车辆受到的外部负载,例如道路坡度、空气动力负载和其它负载,驱动车辆就能作用于车辆的加速度。

[0048] 图4描述了发动机工作点确定函数400,该函数用于确定发动机工作点,从而控制发动机14,以便发动机14和第一和第二电动机56和72共同将牵引功率传送到变速器10,从而控制输出功率 P_o ,亦即输出到输出部件64的输出转速 N_o 和输出转矩 T_o 。发动机工作点确定函数400在此处是关于带有第一和第二电机56和72的典型双模式混合动力系系统而描述的,但是该函数也能用于其它典型混合动力系系统,例如使用一个电机的混合动力系系统(未示出),以及带式交流发电机起动装置(下文称为BAS)混合动力系系统(未示出)。

[0049] 在混合动力系系统的每个典型类型中,发动机工作点确定函数400基于驾驶员功率请求、运行状态检测以及ESD74的充电状态(SOC_{BAT})来确定发动机工作点。发动机工作点确定函数400基于动力系系统的能量有效运行和驾驶员功率请求来确定优选的发动机工作点和用于第二转矩发生装置的优选工作点。在典型双模式混合动力系系统中,发动机14和第二转矩发生装置(例如,第一或第二电机56或72)直接将牵引力和与变速器10相连接,从而将输出功率 P_o 从变速器10供至输出部件64。在BAS混合动力系(未示出)中,发

动机（未示出）通过向变速器提供输入功率而直接将牵引功率和变速器（未示出）相连，而第二转矩发生装置（未示出）将功率直接和发动机相连，并且通过发动机间接地将功率传送给变速器。因此，在示例性 BAS 混合动力系统中，对变速器的每个工作状态范围，从变速器到输出部件的输出功率 P_o 直接和从发动机到变速器的输入功率 P_i 成比例。

[0050] 当发动机工作点确定函数 400 用在如前所述典型双模式混合动力系统内的转矩请求控制系统中时，输入到该函数的驾驶员功率请求由驾驶员转矩请求构成。输入到发动机工作点确定函数 400 的运行状态检测输入可包括外部运行状态和动力系统运行状态。动力系统运行状态可以包括发动机运行状态，例如发动机状态、输入速度和输入转矩；变速器工作范围状态；电机运行状态，例如电机的电动机转矩和电机温度；以及电能存储装置工作状态，例如电池电压、电池温度和可用电量。

[0051] 发动机工作点可包括发动机状态、牵引输出等级以及发动机 14 的运行状态。牵引输出等级可以包括一个或多个输入变速器 10 的输入速度 N_i 、输入转矩 T_i 和输入功率 P_i 。例如，典型双模式混合动力系统中，在战略控制系统 310 中使用方法 400 以确定包括输入速度 N_i 的发动机工作点，而在战术控制系统 330 中使用方法 400 以确定包括输入转矩 T_i 和下文将进一步详细描述发动机状态的发动机工作点。

[0052] 图 5 描述了战术控制系统 330 的发动机状态和转矩确定函数 500。发动机状态和转矩确定函数 500 包括优化函数 502 以及发动机状态和发动机转矩选择函数 504。转矩确定函数 500 主要作用于稳态输入以选择优选发动机状态并且确定从发动机 14 到变速器 10 的优选输入转矩。进入优化函数 502 的输入由源于换挡操作和发动机启动停止控制系统 320 的输入组成，包括变速器 10 的超前工作范围状态（超前混合动力范围状态）、超前预测的输入加速曲线以及超前工作范围状态中每个致动离合器对应的的离合器反作用转矩的预测范围（最小 / 最大预测离合器反作用转矩）。最优化函数 502 进一步输入预测的加速器输出转矩、用于 ESD74 的预测电功率限制、由 BPCM21 测定的 ESD74 的充电状态 (SOC_{BAT})、由输出变速器速度传感器 84 测定的变速器 10 的输出速度 (N_o) 以及外界气压和气温。输入部件 12 的当前速度，即 N_i ，被确定并且随同变速器 10 的当前工作范围状态一起被用来确定变速器 10 的超前工作范围状态和离合器反作用转矩的预测范围。

[0053] 变速器 10 的超前工作范围状态包括变速器 10 工作范围状态的超前时移，以适应工作范围状态中要求的改变和实际工作范围状态中要求的改变之间的响应时间滞后。因此，变速器 10 的超前工作范围状态就是所需的工作范围状态。超前预测的输入加速曲线包括输入部件 12 的预测输入加速曲线的超前时间时移，以适应在预测的输入加速曲线中要求的变化和预测的输入加速曲线中实测变化之间的响应时间滞后。因此，超前预测的输入加速曲线是输入部件 12 在时移后发生的预测的输入加速曲线。指定为“超前”的参数用于实现通过动力系同时传递转矩，其中动力系中采用了具有不同响应时间的装置，并最终将转矩汇集到共同的输出部件 64 上。特别是，发动机 14 的响应时间是 300–600ms 量级，每个转矩传递离合器 C1 70, C2 62, C3 73 和 C4 75 具有 150–300ms 量级的响应时间，而第一和第二电动机 56 和 72 则可具有达到 10ms 量级的响应时间。预测电功率限制包括用于运行 ESD74 的输出功率 P_{BAT} 的优选工作范围。监控进入加速油门踏板 113 和制动刹车踏板 112 的驾驶员输入以确定驾驶员转矩请求，该转矩请求和轴转矩响应类型一起经由预测输出转矩成形滤波过滤器（未示出）整形，以产生净预测输出转矩（未示出）和超前预测输入加

速曲线。

[0054] 最优化函数 502 用到了以下函数的输入,这些函数包括:供油全缸状态下运行发动机的优选输入转矩和相关运行成本的确定函数(确定供油全缸状态下优选的 T_i) (512), 停油全缸状态下运行发动机的输入转矩和相关运行成本的确定函数(计算停油全缸状态下的 T_i) (514), 供油停缸状态下运行发动机的优选输入转矩和相关运行成本的确定函数(确定供油停缸状态下优选的 T_i) (516), 停油停缸状态下运行发动机的输入转矩和相关运行成本的确定函数(计算停油停缸状态下的 T_i)。

[0055] 用于确定在供油全缸状态 512 下运行发动机 14 的优选输入转矩的函数和用于确定在供油停缸状态 516 下运行发动机的输入转矩的函数,都采用了优化函数,其中每个最优化函数都用于确定允许输入转矩的搜索范围,并在搜索范围内重复评估备选输入转矩的成本。每个最优化函数在多次重复校准后选择具有最低成本的备选输入转矩作为优选的发动机工作点。

[0056] 用于确定在供油全缸状态 512 下运行发动机 14 的优选输入转矩的函数输出在该状态下运行发动机 14 的优选输入转矩(全缸输入转矩)和相应的运行成本 $P_{\text{COST FULL FUEL}}$ 。

[0057] 用于确定在停油全缸状态 514 下运行发动机 14 的输入转矩的函数输出在该状态下运行发动机 14 的输入转矩(停油停缸输入转矩)和相应的运行成本 $P_{\text{COSTFULL FCO}}$ 。

[0058] 用于确定在供油停缸状态 516 下运行发动机 14 的优选输入转矩的函数输出在该状态下运行发动机 14 的输入转矩(停缸输入转矩)和相应的运行成本 $P_{\text{COSTDEACT FUEL}}$ 。

[0059] 用于确定在停油停缸状态 518 下操作发动机 14 的优选输入转矩的函数输出在该状态下操作发动机 14 的输入转矩(停油停缸输入转矩)和相应的运行成本 $P_{\text{COST DEACT FCO}}$ 。

[0060] 上述运行成本,即 $P_{\text{COST FULL FUEL}}$ 、 $P_{\text{COST FULL FCO}}$ 、 $P_{\text{COST DEACT FUEL}}$ 和 $P_{\text{COST DEACTFCO}}$,采用下面的方程 1,可计算出总动力系功率成本 $P_{\text{LOSS TOTAL}}$ 。

$$[0061] \quad P_{\text{LOSS TOTAL}} = P_{\text{LOSS MECH}} + P_{\text{LOSS BRAKE}} + P_{\text{LOSS MOTOR}} + P_{\text{LOSS ENG}} \quad [1]$$

$$[0062] \quad + P_{\text{LOSS SOC FUEL}} + P_{\text{LOSS BAT}} + P_{\text{LOSS SOC PBAT}}$$

[0063] 变速器 10 的功率损耗包括机械功率损耗成本 ($P_{\text{LOSS MECH}}$),当来自摩擦刹车系统的反向转矩传递到传动系统 90 时,还进一步包括刹车功率损耗成本 ($P_{\text{LOSS BRAKE}}$)。机械功率损耗成本 $P_{\text{LOSS MECH}}$ 包括基于发动机 14 输入速度 N_i 、传送到输出部件 64 的输出转速 N_o 和变速器 10 工作范围状态确定的变速器旋转损耗。旋转转矩损耗可以通过粘滞阻力进行模拟,其中阻力转矩与输出转速 N_o 成比例。

[0064] 刹车功率损耗成本 $P_{\text{LOSS BRAKE}}$ 基于刹车系统的刹车转矩确定。刹车功率损耗由动力系统提供的输出转矩 T_o 乘以输出转速 N_o ,和基于油门踏板 112 和刹车踏板 113 的驾驶员输入的净输出转矩请求乘以输出转速 N_o 之间的差值构成。刹车功率就是,为了满足驾驶员转矩请求,而被作为动力系统补充的刹车系统所吸收的功率值。

[0065] 电动机功率损耗成本 ($P_{\text{LOSS MOTOR}}$) 包括第一和第二电机 56 和 72 的功率损耗。电动机功率损耗成本 $P_{\text{LOSS MOTOR}}$ 可基于电动机转矩 T_A 和 T_B 以及电机转速 N_A 和 N_B 确定。电动机功率使用预定系数和电动机转矩 T_A 和 T_B 进行计算。预定系数作为电动机转速 N_A 和 N_B 的函数,被优选采用并制表。电动机功率损耗由供应给第一和第二电动机 56 和 72 的电能减去第一和第二电动机 56 和 72 产生的机械能构成。

[0066] 发动机 14 的功率损耗包括发动机功率损耗成本 ($P_{\text{LOSS ENG}}$) 和发动机功率损耗充电

状态偏差因子 ($P_{LOSS SOC FUEL}$)。发动机功率损耗成本 $P_{LOSS ENG}$ 包括用于发动机 14 的燃油消耗的功率损耗。发动机功率损耗成本 $P_{LOSS ENG}$ 利用下面的方程 2 确定：

$$[0067] \quad P_{LOSS ENG} = C_{MEPPFF} \cdot m_{FUEL} \cdot P_{ENG} \quad [2]$$

[0068] 其中 C_{MEPPFF} 是基于由驾驶员请求的, 输出到输出部件 64 上, 且滤波后的输出功率的燃油功率成本因子。滤波后输出功率计算方法是: 用输出转速 N_o 乘以预测加速器输出转矩请求, 然后对计算结果进行滤波。燃油质量流量等级 m_{FUEL} 和发动机输出功率 P_{ENG} 是基于发动机工作点而确定的。

[0069] 发动机功率损耗充电状态偏差因子 $P_{LOSS SOC FUEL}$ 基于和优选充电状态相关的 ESD 74 充电状态, 对发动机 14 燃油功率消耗的功率损耗添加偏差量。发动机功率损耗充电状态偏差因子 $P_{LOSS SOC FUEL}$ 可利用下面的方程 3 确定：

$$[0070] \quad P_{LOSS SOC FUEL} = C_{SOC FUEL} \cdot m_{FUEL} \quad [3]$$

[0071] 发动机功率充电状态成本因子 $C_{SOC FUEL}$ 可基于电池充电状态 SOC_{BAT} 以及从变速器 10 到输出部件 92 的输出功率 P_o 或输出转速 N_o 来确定。

[0072] 图 6 描述了典型系统中作为电池充电状态 ($SOC_{BAT}(\%)$) 函数的发动机功率充电状态成本因子 ($C_{SOC FUEL}$) 曲线 540。当电池充电状态 SOC_{BAT} 大于充电状态阈值时, 例如该阈值为 60% 的充电状态, 充电成本因子的发动机功率状态随着电池充电状态 SOC_{BAT} 的增加而增加。随着发动机功率充电状态成本因子 $C_{SOC FUEL}$ 增加, 发动机成本增加, 从而增大了 ESD74 供应功率对发动机 14 供应功率的比率。

[0073] 图 7 描述了发动机 14 的功率成本 (P) 与输入转矩 (T_I) 的发动机功率损耗 ($P_{LOSS ENG}$) 曲线 550, 发动机功率损耗充电状态偏差因子 ($P_{LOSS SOC FUEL}$) 曲线 560, 和由发动机功率损耗加上发动机功率损耗充电状态偏差因子得到的总发动机功率损耗 ($P_{LOSS ENG} + P_{LOSS SOC FUEL}$) 曲线 570。

[0074] ESD 74 的功率损耗包括电池功率损耗 $P_{LOSS BAT}$ 和电池功率损耗充电状态偏差因子 $P_{LOSS SOC PBAT}$ 。电池功率损耗 $P_{LOSS BAT}$ 是当 ESD74 充放电时发生的功率损耗值。电池功率损耗 $P_{LOSS BAT}$ 由采用戴维宁等效电池模型, 利用下列方程 4 估算的电池功率来确定：

$$[0075] \quad P_{LOSS BAT} = I^2 \cdot R_T \quad [4]$$

[0076] 其中 R_T 是电池的戴维宁等效电阻, 并且

[0077] I 是电池电流, 并且是电池功率 P_{BAT} 的函数。利用查表法可确定作为电池功率 P_{BAT} 函数的电池功率损耗 $P_{LOSS BAT}$ 。

[0078] 电池功率损耗充电状态偏差因子利用下面的方程 5 确定：

$$[0079] \quad P_{LOSS SOC BAT} = C_{SOC NEG PBAT} \cdot \min(P_{BAT} + P_{BAT SHIFT}, 0) \quad [5]$$

$$[0080] \quad + C_{SOC POS PBAT} \cdot \max(P_{BAT} + P_{BAT SHIFT}, 0)$$

[0081] 正 (或积极) 电池充电状态成本因子 $C_{SOC POS PBAT}$ 、负 (或消极) 电池充电状态成本因子 $C_{SOC NEG PBAT}$ 以及电池转换充电状态成本因子 $P_{BAT SHIFT}$ 都可基于电池充电状态 SOC_{BAT} 和输出转速 N_o , 或者电池充电状态 SOC_{BAT} 和输出功率 P_o 确定。

[0082] 图 8 描述了相对于充电状态 (SOC_{BAT}) 的正电池充电状态成本因子 ($C_{SOC POS PBAT}$) 的曲线 610、负电池充电状态成本因子 ($C_{SOC NEG PBAT}$) 的曲线 612 和电池转换充电状态成本因子 ($C_{BAT SHIFT}$) 的曲线 614。当电池充电状态小于充电状态阈值低值时, 例如在 45% 充电状态下, 正电池充电状态成本因子 $C_{SOC POS PBAT}$ 随着电池充电状态的减少而增加。随着正电池充电状

态成本因子 $C_{\text{SOC POS PBAT}}$ 增加, 电池功率损耗充电状态偏差因子 $P_{\text{LOSS SOC PBAT}}$ 增加了放电成本, 从而减小了 ESD74 供应功率相对发动机 14 供应功率的比率。当电池充电状态大于充电状态阈值高值时, 例如在 65% 充电状态时, 负电池充电状态成本因子 $C_{\text{SOC NEG PBAT}}$ 随着电池充电状态的增加而减少。随着负电池充电状态成本因子 $C_{\text{SOC NEG PBAT}}$ 减少, 电池功率损耗充电状态偏差因子 $P_{\text{LOSS SOC PBAT}}$ 增加了充电成本, 从而增大了 ESD74 供应功率对发动机 14 供应功率的比率。当电池充电状态小于充电状态的阈值低值时, 例如在 40% 充电状态下, 电池转换充电状态成本因子 $C_{\text{BAT SHIFT}}$ 随着电池电状态的减少而增加, 而当电池充电状态大于充电状态的阈值高值时, 例如在 70% 充电状态下, 电池转换充电状态成本因子 $C_{\text{BAT SHIFT}}$ 随着电池充电状态的增加而减少。随着电池转换充电状态成本因子 $C_{\text{BAT SHIFT}}$ 增加, 电池功率损耗充电状态偏差因子 $P_{\text{LOSS SOC PBAT}}$ 增加了放电成本, 从而减小了 ESD74 供应功率与发动机 14 供应功率的比率。随着电池转换充电状态成本因子 $C_{\text{BAT SHIFT}}$ 减少, 电池功率损耗充电状态偏差因子 $P_{\text{LOSS SOC PBAT}}$ 增加了充电成本, 从而增加了 ESD74 供应功率对发动机 14 供应功率的比率。

[0083] 图 9 描述了当 ESD74 具有高充电状态 (高 SOC) (例如, 超过 65% 充电状态)、标准充电状态 (标准 SOC) (例如, 在 45-65% 充电状态之间) 和低充电状态 (低 SOC) (例如, 低于 45% 充电状态) 时用于充放电操作的, 且作为电池功率输出 P_{BAT} 的函数的电池功率损耗充电状态偏差因子 $P_{\text{LOSS SOC PBAT}}$ 。当 ESD74 处于高充电状态范围 (630), 随着电池功率增加 (由正在增加的充电状态指示), 对低于电池功率阈值的电池输出功率 P_{BAT} , 电池功率损耗充电状态偏差因子 $P_{\text{LOSS SOC PBAT}}$ 增加 (主要在充电区域)。当 ESD74 处于低充电状态范围 (634), 随着电池功率减少, 通过正在减少的充电状态来指示, 高于电池功率阈值的电池输出功率 P_{BAT} 的电池功率损耗充电状态偏差因子 $P_{\text{LOSS SOC PBAT}}$ 增加, (主要在放电区域)。当 ESD74 处于标准充电状态范围 (632), 电池功率损耗充电状态偏差因子 $P_{\text{LOSS SOC PBAT}}$ 是标准值或零, 且该值是固定不变的。

[0084] 发动机状态和发动机转矩选择函数 504 将输入转矩, 以及包括实际发动机状态和容许发动机状态一起的相关运行成本作为输入。允许发动机状态包括, 无论每个发动机状态被使能与否, 无论往备选发动机状态的转换是否被允许, 用于通知燃油优化函数的使能信号。使能信号包括供油停缸状态的使能信号; 停油停缸状态的使能信号; 以及停油全缸状态的使能信号。供油全缸状态是一直使能的。

[0085] 发动机状态和发动机转矩选择函数 504 确定和输出优选发动机状态和目标输入转矩, 该转矩相当于优选发动机状态的优选输入转矩。发动机状态和发动机转矩选择函数 504 将发动机状态的使能信号指示被激活, 且其运行成本也对应于一组发动机运行成本中的最低成本的发动机状态作为优选发动机状态。

[0086] 本发明描述了特定的优选实施例及其变型。在阅读和理解说明书的基础上, 其他人还可以实现进一步的变型和修改。因此, 这意味着本发明不仅仅被局限于特定的实施例, 尽管所述实施例是考虑实现本发明的最佳模式, 而是将包括所附权利要求范围中的所有具体实施方式。

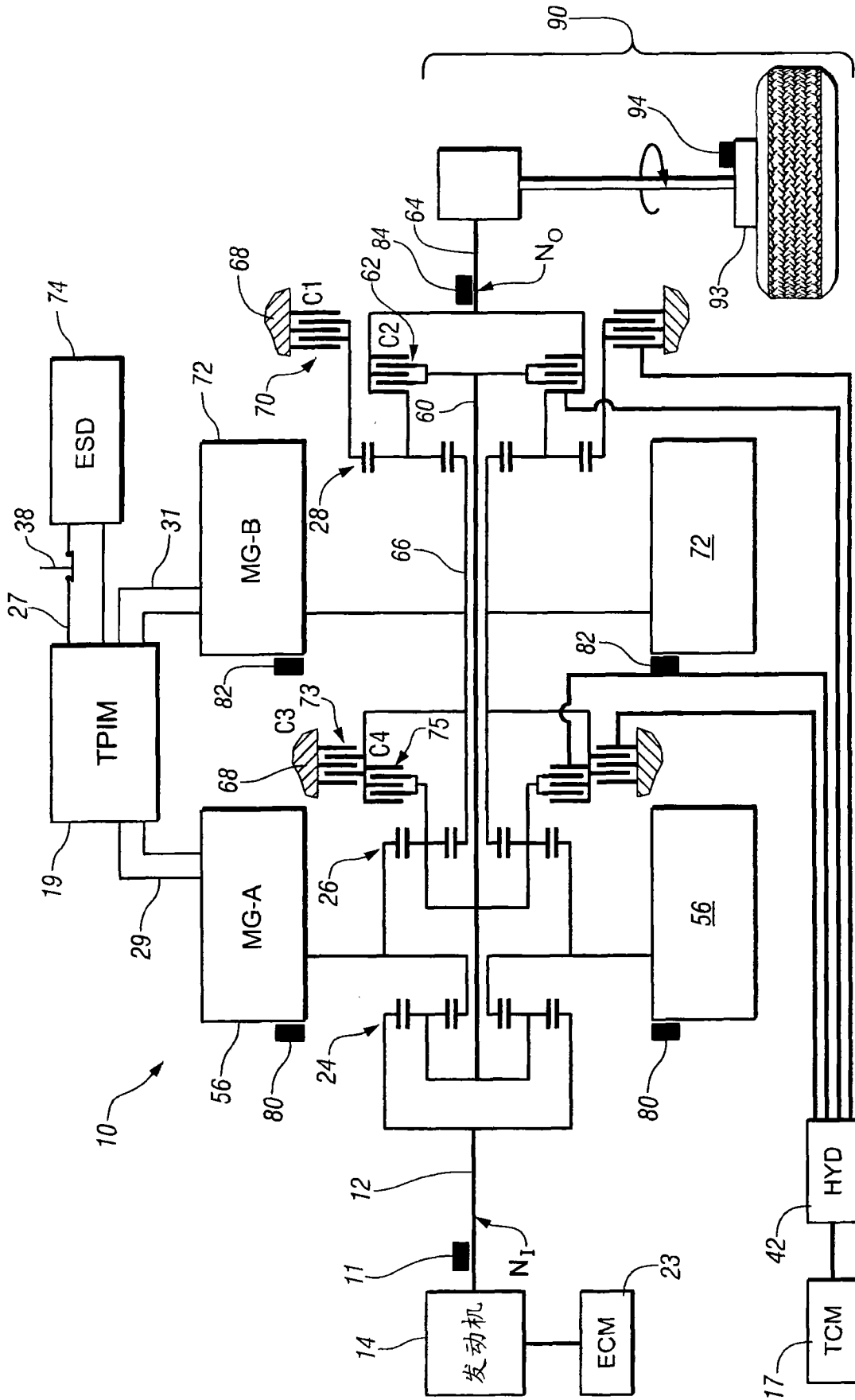


图 1

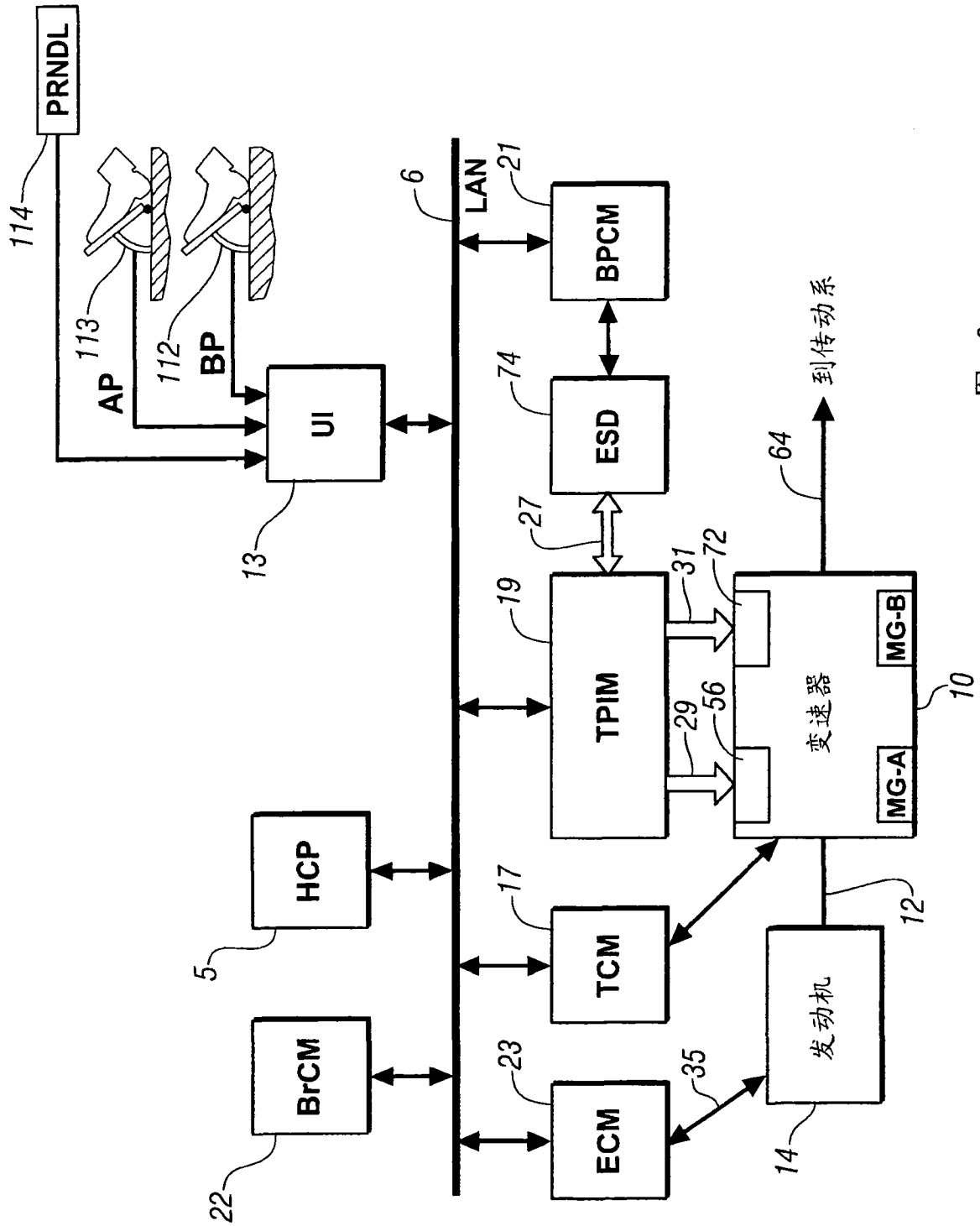


图 2

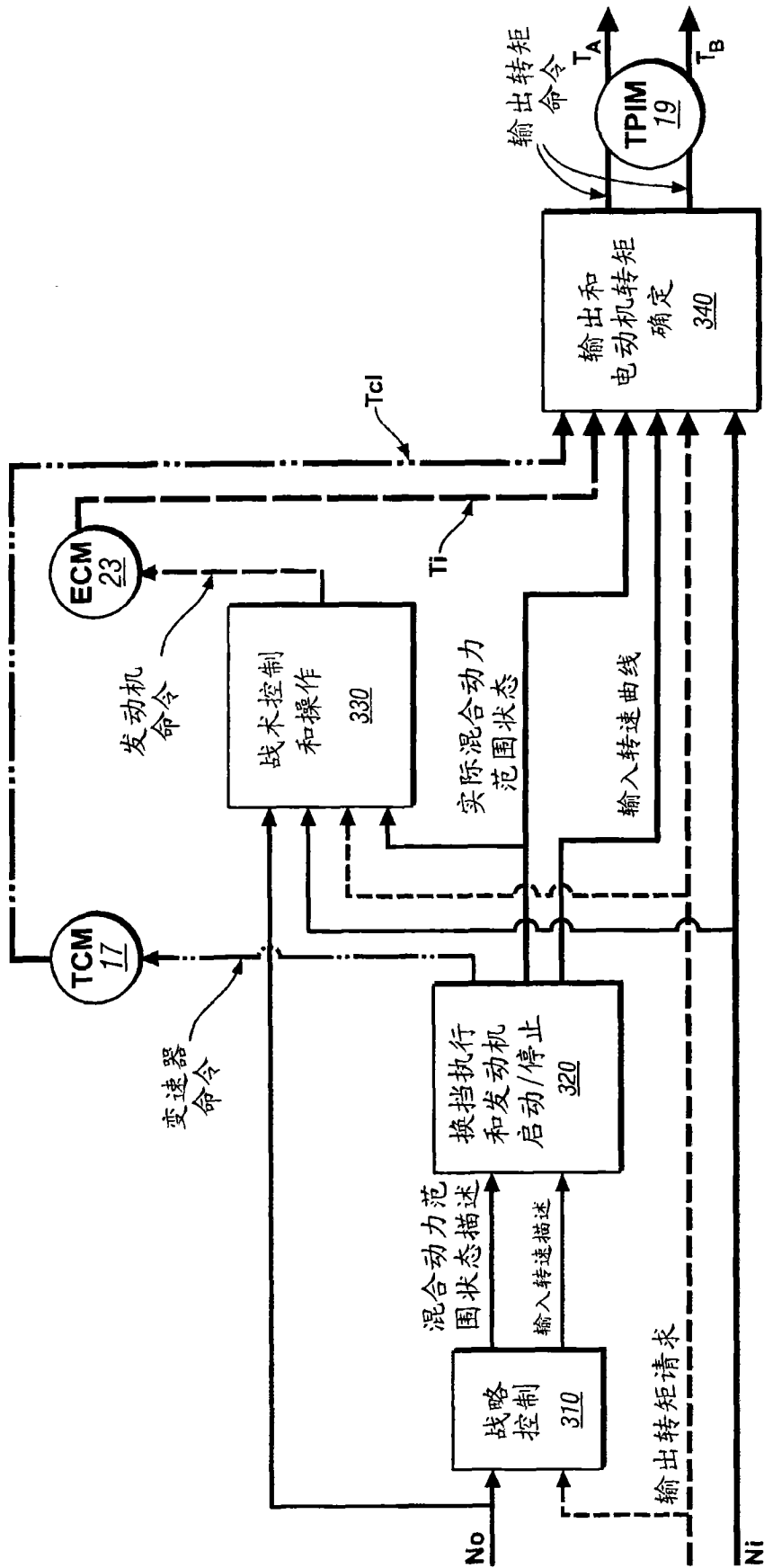


图 3

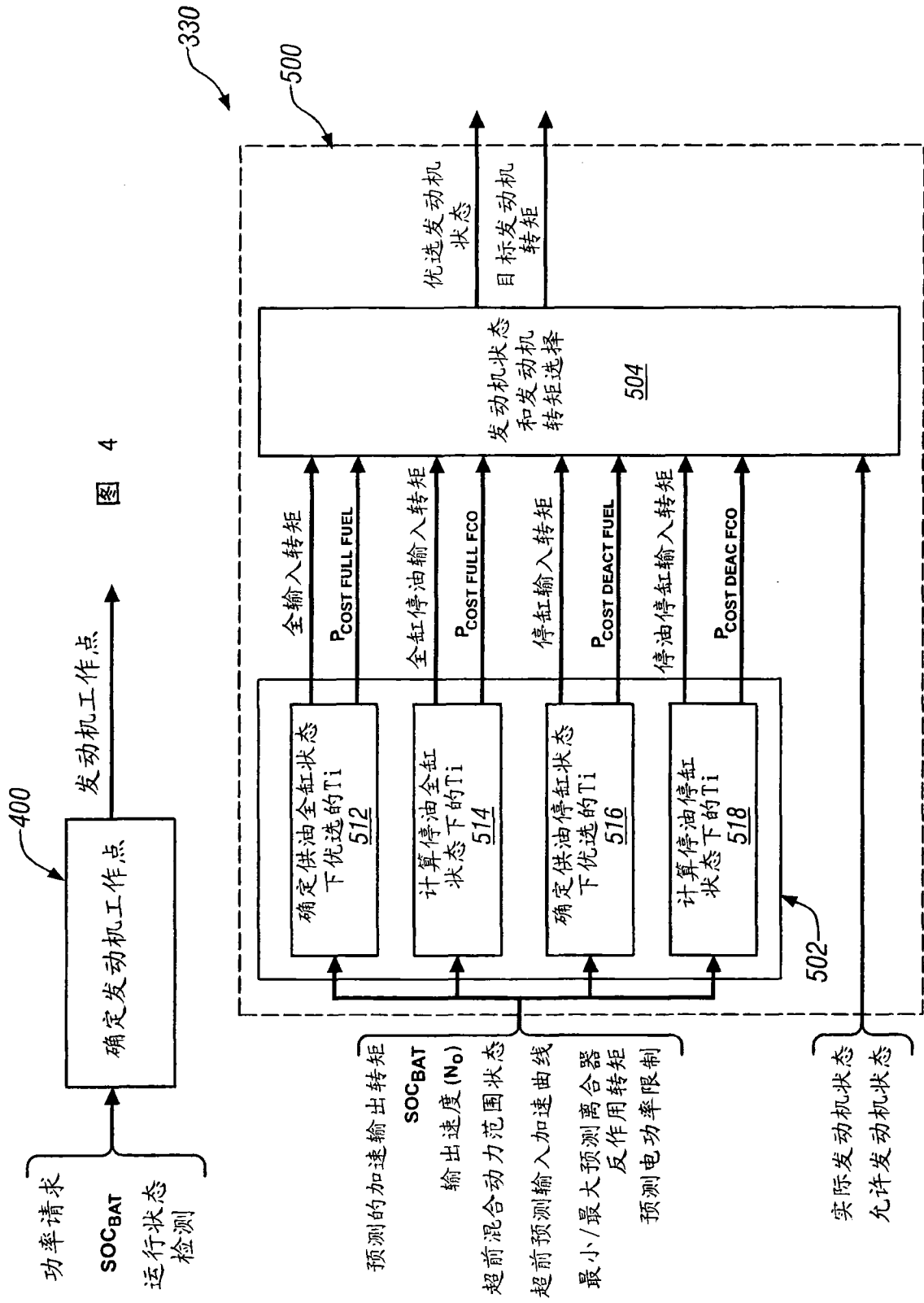


图 4

图 5

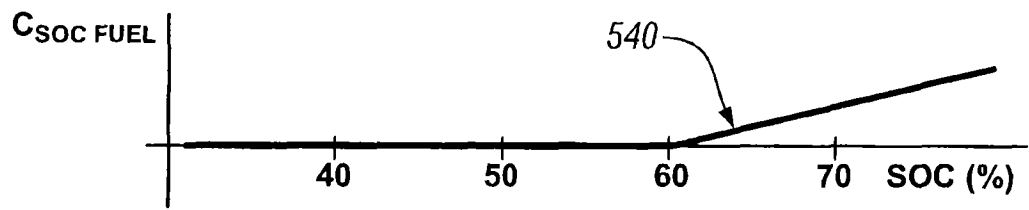


图 6

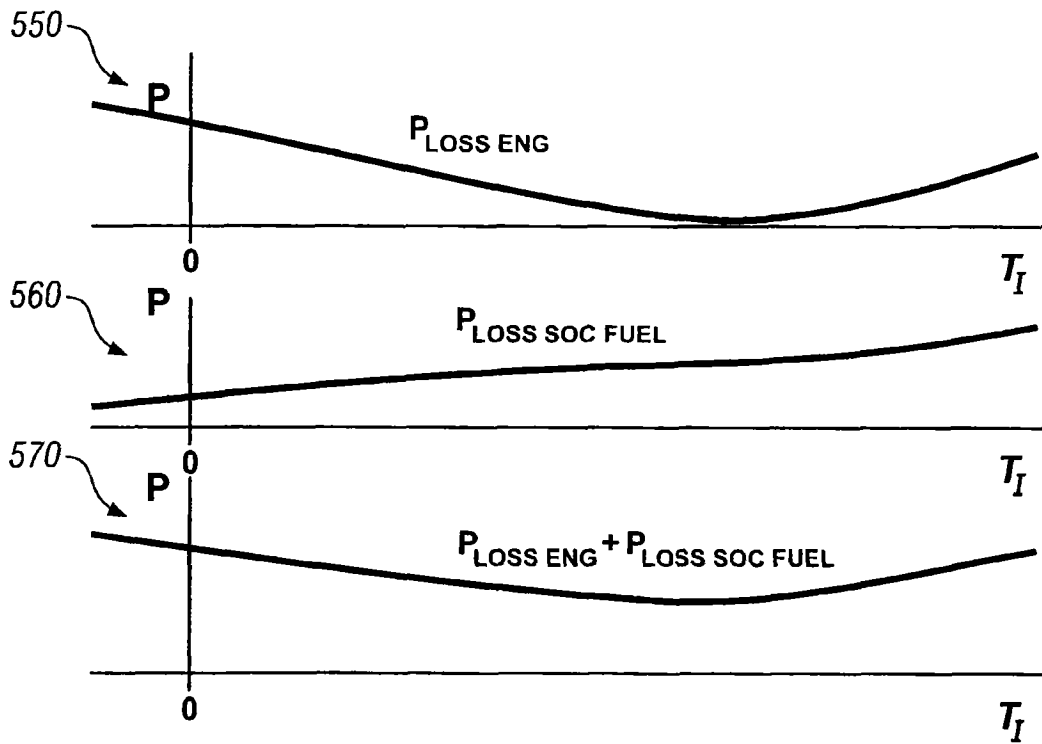


图 7

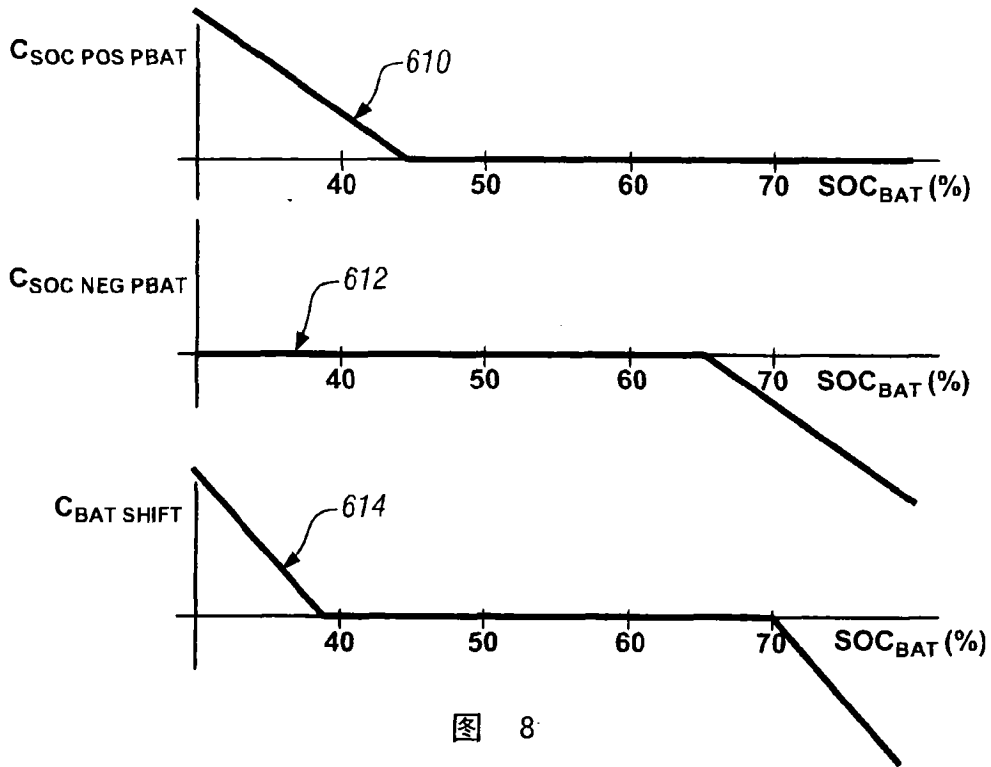


图 8

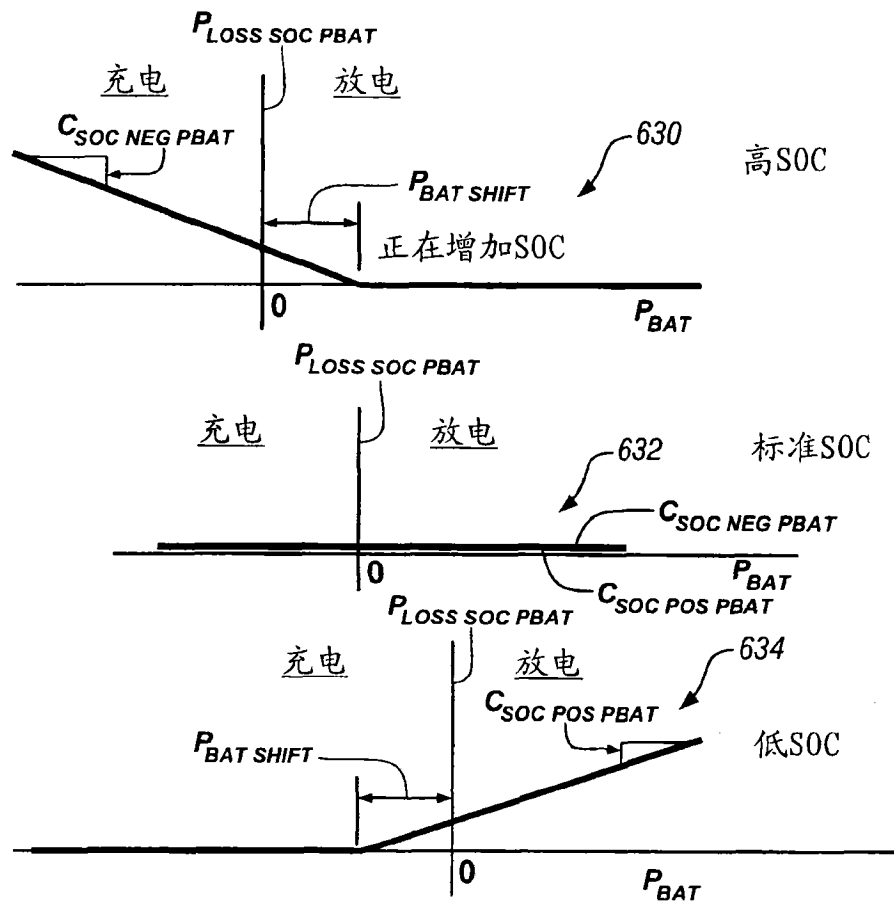


图 9