



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105946851 B

(45)授权公告日 2018.02.09

(21)申请号 201610298612.2

(22)申请日 2016.05.06

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105946851 A

(43)申请公布日 2016.09.21

(73)专利权人 燕山大学  
地址 066004 河北省秦皇岛市海港区河北大街西段438号

(72)发明人 祁炳楠 张利鹏 谷定杰 张晓宏

(74)专利代理机构 秦皇岛一诚知识产权事务所  
(普通合伙) 13116

代理人 李合印

(51) Int. Cl.  
B60W 20/20(2016.01)  
B60W 20/40(2016.01)

(56)对比文件

- CN 1895942 A, 2007.01.17,
- CN 102092275 A, 2011.06.15,
- CN 103587412 A, 2014.02.19,
- CN 104002802 A, 2014.08.27,
- US 2008318730 A1, 2008.12.25,

审查员 王钰沛

权利要求书2页 说明书6页 附图5页

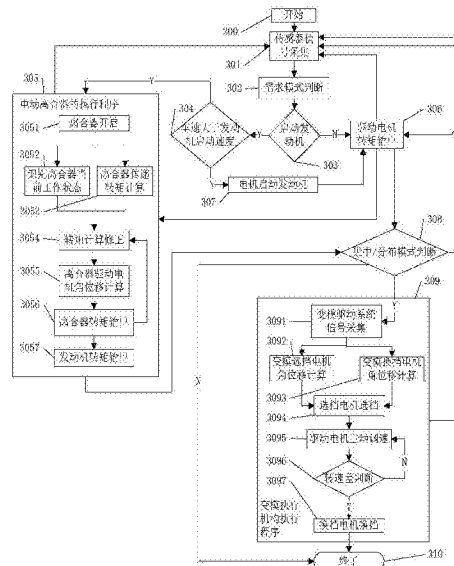
(54)发明名称

一种混合动力汽车多模耦合驱动系统的变模控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种混合动力汽车多模耦合驱动系统的变模控制方法,该方法步骤为:整车控制器通过与各传感器通讯来获取各子系统的信息,实现司机驾驶意图解析、车辆运行状态识别和电池状态估计;接着,进行模式切换与力矩分配控制,包括驱动系统模式优选与切换控制策略制定以及基于能耗最小原则计算各动力子系统的驱动力矩分配系数,生成所需的控制指令;然后,将生成的控制指令通过CAN通讯传递给各控制器,控制离合器接合、驱动模式选取和各动力单元的力矩输出,实现多模耦合驱动控制;最后,接收各控制器反馈信息并结合各传感器信号共同实现闭环控制。本发明在不同行驶工况下,充分利用集中式驱动系统可以通过变速来提高动力性、经济性和分布式驱动系统可以独立协调两侧驱动力矩分配,实现灵活的动力学稳定性控制的优点,明显提高车辆行驶的动力性,经济性

和行驶稳定性。



1. 一种混合动力汽车多模耦合驱动系统的变模控制方法,该控制方法所基于控制系统的硬件包括挡位传感器、加速踏板位置传感器、制动踏板位置传感器、方向盘转角传感器、方向盘力矩传感器、分布式驱动按键、车速传感器、轮速传感器、整车惯性测量单元、选模机构转角位置传感器、变模机构转角位置传感器、离合机构转角位置传感器、发动机转速传感器、主电机转速传感器、副电机转速传感器、发动机控制器、主电机控制器、副电机控制器、离合器操纵机构控制器、选变模机构控制器、电池管理系统和整车控制器;

该控制方法内容包括如下步骤:

步骤1. 所述整车控制器的控制流程为:首先,通过与各传感器通讯来获取各子系统的信息,实现司机驾驶意图解析、车辆运行状态识别和电池状态估计;接着,进行模式切换与力矩分配控制,包括驱动系统模式优选与切换控制策略制定以及基于能耗最小原则计算各动力子系统的驱动力矩分配系数,生成所需的控制指令;然后,将生成的控制指令通过CAN通讯传递给各控制器,控制离合器接合、驱动模式选取和各动力单元的力矩输出,实现多模耦合驱动控制;最后,接收各控制器反馈信息并结合各传感器信号共同实现闭环控制;

步骤2. 针对车辆在良好路面行驶工况,低速行驶时为优先保证整车动力性而采用集中式驱动模式,高速行驶时为优先保证整车行驶稳定性而采用分布式驱动模式行驶,同时通过两挡变速提高车辆的经济性;

步骤3. 启动车辆后,首先进行挡位检测,检测为前进挡时,进入集中式/分布式判断程序;如果车辆为刚起步状态,采用集中式驱动模式;如果车辆不是刚起步状态则需要根据电池当前的电荷量SOC、纯电模式转变为混动模式时电池电荷量的门限值 $SOC_{obj}$ 、当前车速 $V$ 、分布式驱动模式进入集中式驱动模式的车速门限值 $V_{down}$ 、集中式驱动模式进入分布式驱动模式的车速门限值 $V_{up}$ 、车辆需求转矩 $T_r$ 、发动机当前转速下的最大转矩 $T_{emax}$ 和电机当前转速下的最大转矩 $T_{mmax}$ 进行模式判定;

当初始模式判定为集中式驱动模式时,若 $V$ 小于 $V_{up}$ ,则继续采用集中式驱动模式;若 $V$ 大于 $V_{up}$ ,则进入SOC和 $SOC_{obj}$ 的比较判断;当初始模式判定为分布式驱动模式时,若 $V$ 小于 $V_{down}$ ,则采用集中式驱动模式;若 $V$ 大于 $V_{down}$ ,则进入SOC和 $SOC_{obj}$ 的比较判断;

当SOC大于 $SOC_{obj}$ ,则进入 $T_r/2$ 和 $T_{mmax}$ 的比较,若 $T_r/2$ 大于 $T_{mmax}$ ,则进入集中式驱动模式,若 $T_r/2$ 小于 $T_{mmax}$ ,则进入分布式驱动模式;当SOC小于 $SOC_{obj}$ ,则进入 $T_r/2$ 和 $T_{mmax}$ 、 $T_{emax}$ 的比较,若 $T_r/2$ 同时小于 $T_{mmax}$ 、 $T_{emax}$ ,则进入分布式驱动模式;其余情况则进入集中式驱动模式;

步骤4. 当车辆在冰雪、泥泞、凹凸不平这类恶劣路面行驶时,驾驶员可以直接按下分布式驱动按键,车辆强制进入分布式驱动模式,此时,整车控制器通过车速 $V$ 和各轮轮速 $V_r$ 自动识别车轮滑移率、通过方向盘转角传感器和整车惯性测量单元获取方向盘转角和车辆横摆角速度变化信号,判定车辆动力学稳定性控制阈值,通过调整动力系统的力矩输出进行驱动防滑转、制动防抱死和横摆稳定性控制;当车辆进行原地转向行驶时,整车控制器通过车速和方向盘转角、转矩信号进行工况判定,直接强制车辆进入分布式驱动模式,此时通过调整各动力单元的转矩输出,使两侧转向轮的驱动力矩产生较大差异,从而通过差动助力转向来提高驾驶员的操纵轻便性并在一定程度上减小转弯半径;当驾驶员松开分布式驱动按键或车辆脱离原地转向行驶时,则车辆根据步骤3进行驱动;

步骤5. 强制进入分布式驱动模式后,在当前车速下车辆需求转矩 $T_r$ 大于0时进入驱动控制;

在驱动控制中,当SOC大于SOC<sub>obj</sub>时,采用双电机并联分布式驱动;当SOC小于SOC<sub>L</sub>时,采用发动机-主电机并联分布式驱动,此时 $T_e=T_{e_{max}}$ ;当SOC介于SOC<sub>obj</sub>和电池最低电荷门限值SOC<sub>L</sub>之间且 $T_r/2$ 小于 $T_{e_{opt}}$ 时,采用发动机-主电机并联分布式驱动,此时 $T_e=T_{e_{opt}}$ ;SOC介于SOC<sub>obj</sub>和SOC<sub>L</sub>之间且 $T_r/2$ 大于 $T_{e_{opt}}$ 时,采用发动机-主电机并联分布式驱动,此时 $T_e=T_{e_{max}}$ ;

在制动控制中,当SOC大于电池最高电荷门限值SOC<sub>H</sub>时,采用机械制动;当SOC小于SOC<sub>H</sub>且 $|T_{re}|$ 大于 $2|T_{mmmax}|$ 时,采用双电机并联分布式制动+机械制动;当SOC小于SOC<sub>H</sub>且 $|T_{re}|$ 小于 $2|T_{mmmax}|$ 时,采用双电机并联分布式制动;

步骤6.在车辆行驶过程中随时进行故障检测,在集中式驱动模式下若检测出任一动力单元出现故障,则采用另外两个动力单元并联驱动模式;在分布式驱动模式下如检测到发动机或副驱动电机发生故障,则采用另外两个动力单元并联分布式驱动模式;若检测到主电机发生故障,则直接转为发动机-副电机并联集中式驱动模式。

## 一种混合动力汽车多模耦合驱动系统的变模控制方法

### 所属技术领域

[0001] 本发明涉及汽车控制系统领域,尤其涉及一种混合动力汽车多模耦合驱动系统的变模控制方法,具体地说是根据集成分布式/集中式驱动功能的插电式混合动力汽车的复杂行驶工况需求,进行多种驱动模式自动选取和切换的变模控制方法。

### 技术背景

[0002] 为了能够充分利用集中式驱动和分布式驱动的各自优势并避免其缺陷,申请人前期设计了一种适用于插电式混合动力汽车的多模耦合驱动系统,其结构如图2所示,包括发动机1、离合器2、电动离合机构3、副驱动电机4、传动总成5、选变模执行机构6、电池组7、主驱动电机8、第一车轮9和第二车轮12、第一半轴10和第二半轴11;发动机1输出轴和离合器2相联,电动离合机构3置于离合器2上,离合器2的输出端和副驱动电机4相联,副驱动电机4输出端和传动总成5相联,选变模执行机构6置于传动总成5上,传动总成5的另一端和主驱动电机8相联,传动总成5的两个输出端分别连接第一半轴10和第二半轴11,两半轴末端分别为第一车轮9和第二车轮12,电池组7向主驱动电机8和副驱动电机4供电。该多模耦合驱动系统通过模式切换可以实现发动机-双电机并联集中式驱动、发动机-副驱动电机并联集中式驱动、发动机-双电机并联分布式驱动和主驱动电机集中式驱动四大类驱动模式,并可以根据纯电驱动和混合驱动细分出二十几种单一驱动模式。

[0003] 当变模执行机构控制第一同步器54和第二齿轮52接合、第二同步器55和第二齿轮52接合时,该系统可以实现发动机-双电机并联集中式驱动模式,具体可以根据发动机1是否启动、离合器2是否接合、副驱动电机4是处于驱动状态还是处于发电状态、主驱动电机8是处于驱动状态还是处于发电状态,细化为双电机并联纯电驱动、双电机并联驱动同时启动发动机、发动机-双电机并联混合驱动、发动机和主驱动电机并联混合驱动同时副驱动电机发电、发动机驱动-双电机发电、双电机制动共六种模式。

[0004] 当变模执行机构控制第一同步器54和第二齿轮52接合、第二同步器55处于空挡时,该系统可以实现发动机-副驱动电机并联集中式驱动,具体可以根据发动机1是否启动、离合器2是否接合、副驱动电机4是处于驱动状态还是处于发电状态,细化为副驱动电机单独纯电驱动、副驱动电机驱动同时启动发动机、发动机单独驱动、发动机-副驱动电机并联混合驱动和发动机驱动-副驱动电机发电、副驱动电机制动共六种模式。

[0005] 当变模执行机构控制第一同步器54和第一齿轮51接合、第二同步器55和第三齿轮53接合时,该系统可以实现发动机-双电机并联分布式驱动,具体可以根据发动机1是否启动、离合器2是否接合、副驱动电机4是处于驱动状态还是处于发电状态、主驱动电机8是处于驱动状态还是处于发电状态,细化为双电机分布式纯电驱动、双电机分布式驱动同时副驱动电机启动发动机、发动机-双电机分布式混合驱动、发动机和主驱动电机分布式混合驱动同时副驱动电机发电、双电机分布式制动共五种模式。

[0006] 当变模执行机构控制第一同步器54处于空挡、第二同步器55和第二齿轮52接合时,该系统可以实现主驱动电机集中式驱动,具体可以根据发动机1是否启动、离合器2是否

接合、副驱动电机4是处于驱动状态还是处于发电状态、主驱动电机8是处于驱动状态还是处于发电状态,细化为主驱动电机单独纯电驱动、主驱动电机单独驱动同时副驱动电机启动发动机、发动机带动副驱动电机发电同时主电机驱动、主电机制动共4种模式。

[0007] 该系统可以根据车辆的复杂行驶工况需求采取多种机电耦合驱动模式,提高车辆的动力性、经济性、操纵稳定性、转向轻便性、灵活性和可靠性。为了能更好的实现上述诸多功能,本发明将提出一种针对该驱动系统的一种混合动力汽车多模耦合驱动系统的变模控制方法。

## 发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种混合动力汽车多模耦合驱动系统的变模控制方法,用以实现混合动力汽车多模耦合驱动系统的分布式与集中式驱动模式的自动优选和切换,从而提高车辆的动力性、经济性、操纵稳定性、转向轻便性、灵活性和可靠性。

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明所采取的技术方案是:

[0010] 一种混合动力汽车多模耦合驱动系统的变模控制方法,该控制方法所基于控制系统的硬件包括挡位传感器、加速踏板位置传感器、制动踏板位置传感器、方向盘转角传感器、方向盘力矩传感器、分布式驱动按键、车速传感器、轮速传感器、整车惯性测量单元、选模机构转角位置传感器、变模机构转角位置传感器、离合机构转角位置传感器、发动机转速传感器、主电机转速传感器、副电机转速传感器、发动机控制器、主电机控制器、副电机控制器、离合器操纵机构控制器、选变模机构控制器、电池管理系统和整车控制器;

[0011] 该控制方法内容包括如下步骤:

[0012] 步骤1.所述整车控制器的控制流程为:首先,通过与各传感器通讯来获取各子系统的信息,实现司机驾驶意图解析、车辆运行状态识别和电池状态估计;接着,进行模式切换与力矩分配控制,包括驱动系统模式优选与切换控制策略制定以及基于能耗最小原则计算各动力子系统的驱动力矩分配系数,生成所需的控制指令;然后,将生成的控制指令通过CAN通讯传递给各控制器,控制离合器接合、驱动模式选取和各动力单元的力矩输出,实现多模耦合驱动控制;最后,接收各控制器反馈信息并结合各传感器信号共同实现闭环控制;

[0013] 步骤2.针对车辆在良好路面行驶工况,低速行驶时为优先保证整车动力性而采用集中式驱动模式,高速行驶时为优先保证整车行驶稳定性而采用分布式驱动模式行驶,同时通过两挡变速提高车辆的经济性;

[0014] 步骤3.启动车辆后,首先进行挡位检测,检测为前进挡时,进入集中式/分布式判断程序;如果车辆为刚起步状态,采用集中式驱动;如果车辆不是刚起步状态则需要根据电池当前的电荷量SOC、纯电模式转变为混动模式时电池电荷量的门限值 $SOC_{obj}$ 、当前车速 $V$ 、分布式驱动进入集中式驱动的车速门限值 $V_{down}$ 、集中式驱动进入分布式驱动的车速门限值 $V_{up}$ 、车辆需求转矩 $T_r$ 、发动机当前转速下的最大转矩 $T_{emax}$ 和电机当前转速下的最大转矩 $T_{mmax}$ 进行模式判定;

[0015] 当初始模式判定为集中式驱动时,若 $V$ 小于 $V_{up}$ ,则继续采用集中式驱动;若 $V$ 大于 $V_{up}$ ,则进入SOC和 $SOC_{obj}$ 的比较判断;当初始模式判定为分布式驱动时,若 $V$ 小于 $V_{down}$ ,则采用集中式驱动;若 $V$ 大于 $V_{down}$ ,则进入SOC和 $SOC_{obj}$ 的比较判断;

[0016] 当SOC大于 $SOC_{obj}$ ,则进入 $T_r/2$ 和 $T_{mmax}$ 的比较,若 $T_r/2$ 大于 $T_{mmax}$ ,则进入集中式驱动,

若 $T_r/2$ 小于 $T_{\max}$ ,则进入分布式驱动;当SOC小于 $SOC_{obj}$ ,则进入 $T_r/2$ 和 $T_{\max}$ 、 $T_{\max}$ 、 $T_{\max}$ 的比较,若 $T_r/2$ 同时小于 $T_{\max}$ 、 $T_{\max}$ ,则进入分布式驱动;其余情况则进入集中式驱动;

[0017] 步骤4.当车辆在冰雪、泥泞、凹凸不平这类恶劣路面行驶时,驾驶员可以直接按下分布驱动按键,车辆强制进入分布式驱动模式,此时,整车控制器通过车速 $V$ 和各轮轮速 $V_r$ 自动识别车轮滑移率、通过方向盘转角传感器和整车惯性测量单元获取方向盘转角和车辆横摆角速度变化信号,判定车辆动力学稳定性控制阈值,通过调整动力系统的力矩输出进行驱动防滑转、制动防抱死和横摆稳定性控制;当车辆进行原地转向行驶时,整车控制器通过车速和方向盘转角、转矩信号进行工况判定,直接强制车辆进入分布式驱动模式,此时通过调整各动力单元的转矩输出,使两侧转向轮的驱动力矩产生较大差异,从而通过差动助力转向来提高驾驶员的操纵轻便性并在一定程度上减小转弯半径;当驾驶员松开分布式驱动按键或车辆脱离原地转向行驶时,则车辆根据步骤3进行驱动;

[0018] 步骤5.强制进入分布式驱动模式后,在当前车速下车辆需求转矩大于0时进入驱动控制;

[0019] 在驱动控制中,当SOC大于 $SOC_{obj}$ 时,采用双电机并联分布式驱动;当SOC小于 $SOC_L$ 时,采用发动机-主电机并联分布式驱动,此时 $T_e = T_{\max}$ ;当SOC介于 $SOC_{obj}$ 和电池最低电荷门限值 $SOC_L$ 之间且 $T_r/2$ 小于 $T_{eopt}$ 时,采用发动机-主电机并联分布式驱动,此时 $T_e = T_{eopt}$ ;SOC介于 $SOC_{obj}$ 和 $SOC_L$ 之间且 $T_r/2$ 大于 $T_{eopt}$ 时,采用发动机-主电机并联分布式驱动,此时 $T_e = T_{\max}$ ;

[0020] 在制动控制中,当SOC大于电池最高电荷门限值 $SOC_H$ 时,采用机械制动;当SOC小于 $SOC_H$ 且 $|T_{re}|$ 大于 $2|T_{\max}|$ 时,采用双电机并联分布式制动+机械制动;当SOC小于 $SOC_H$ 且 $|T_{re}|$ 小于 $2|T_{\max}|$ 时,采用双电机并联分布式制动;

[0021] 步骤6.在车辆行驶过程中随时进行故障检测,在集中式驱动模式下若检测出任一动力单元出现故障,则采用另外两个动力单元并联驱动模式;在分布式驱动模式下如检测到发动机或副驱动电机发生故障,则采用另外两个动力单元并联分布式驱动模式;若检测到主电机发生故障,则直接转为发动机-副电机并联集中式驱动模式。

[0022] 本发明的有益效果是:通过提供一种混合动力汽车多模耦合驱动系统的变模控制方法,在不同行驶工况下判断出一种集成分布式/集中式驱动功能的插电式混合动力汽车多模耦合驱动系统模式切换的准确方法,充分利用集中式驱动系统可以通过变速来提高动力性、经济性和分布式驱动系统可以独立协调两侧驱动力矩分配,实现灵活的动力学稳定性控制的优点,明显提高车辆行驶的动力性,经济性和行驶稳定性。

## 附图说明

[0023] 说明书附图用来提供对本发明的进一步解释,并构成说明书的一部分,与本发明的实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。

[0024] 图1为本发明实施例一种车用多模耦合驱动系统的控制系统框架图;

[0025] 图2为一种适用于插电式混合动力汽车多模耦合驱动系统结构简图;

[0026] 图3为本发明实施例的一种混合动力汽车多模耦合驱动系统的变模控制方法的控制流程图;

[0027] 图4为本发明实施例集中式/分布式模式阈值判据流程图;

[0028] 图5为本发明实施例集中式驱动的各驱动模式判据流程图;

[0029] 图6为本发明实施例分布式驱动的各驱动模式阈值判据流程图。

### 具体实施方式

[0030] 以下结合附图对本发明的优选实施例进行说明,应当理解,此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。

[0031] 一种混合动力汽车多模耦合驱动系统的变模控制方法,该控制方法的实现是基于控制系统的硬件。图1所示为本发明实施例一种车用多模耦合驱动系统的控制系统框架图,控制系统硬件包括挡位传感器1、加速踏板位置传感器2、制动踏板位置传感器3、方向盘转角传感器4、方向盘力矩传感器5、分布式驱动按键6、车速传感器7、轮速传感器8、整车惯性测量单元9、选模机构转角位置传感器10、变模机构转角位置传感器11、离合器机构转角位置传感器12、发动机转速传感器13、主电机转速传感器14、副电机转速传感器15、发动机控制器、主电机控制器、副电机控制器、离合器操纵机构控制器、选变模机构控制器、电池管理系统和整车控制器。

[0032] 该控制方法内容包括如下步骤:

[0033] 所述整车控制器的功能如下:首先,通过与各传感器通讯来获取各子系统的信息,实现司机驾驶意图解析、车辆运行状态识别和电池状态估计;接着,进行模式切换与力矩分配控制,包括驱动系统模式优选与切换控制策略制定以及基于能耗最小原则计算各动力子系统的驱动力矩分配系数,生成所需的控制指令;然后,将生成的控制指令通过CAN通讯传递给各控制器,控制离合器接合、驱动模式选取和各动力单元的力矩输出,实现多模耦合驱动控制;最后,接收各控制器反馈信息并结合各传感器信号共同实现闭环控制;

[0034] 图3所示为本发明实施例的一种混合动力汽车多模耦合驱动系统的变模控制方法的控制流程图。驱动系统从300处开始后,执行程序首先前进至301处进行执行机构与传感器信号采集,采集各个部件的信息之后,执行程序前进至302处进行需求模式判断并确定工作模式,确定工作模式之后,执行程序前进至303处进行是否需要启动发动机的判断;

[0035] 当303处启动发动机的判断成立时,执行程序前进至304处进行车速是否大于发动机启动车速的判断,当304处车速大于发动机启动车速的判断成立时,执行程序前进至305处电动离合器的执行程序;当304处车速大于发动机启动车速的判断不成立时,执行程序前进至307处电机启动发动机,然后执行程序前进至306处驱动电机转矩输出,之后驱动程序前进至305处电动离合器的执行程序;

[0036] 305处的工作程序为:3051处离合器开启后,执行程序同时前进至3052处识别离合器当前工作状态和3053处进行离合器传递转矩计算,3052处识别离合器当前工作状态和3053处离合器传递转矩计算之后执行程序由3052处和3053处前进至3054处进行转矩计算修正,在3054处转矩计算修正完成后执行程序前进至3055处进行离合器驱动电机角位移计算,在3055处离合器驱动电机角位移计算完成后执行程序前进至3056处进行离合器转矩输出,执行程序由3056处离合器转矩输出前进至3057处发动机转矩输出的同时3056处离合器转矩输出向3054处转矩计算修正发出反馈信息;

[0037] 在305处电动离合器执行程序结束后,执行程序前进至308处进行集中/分布模式判断。

[0038] 在303处启动发动机的判断不成立时,程序前进至306处驱动电机转矩输出的执行

程序最终也前进至308处集中/分布模式判断；

[0039] 在308处进行集中/分布模式判断，如判断结果为不需要模式切换则判断程序直接进入310处終了，如判断结果需要模式切换则执行程序前进至309处变模执行机构执行程序；

[0040] 309处的变模执行机构执行程序为：首先，在3091处进行变模驱动系统信号采集，3091处变模驱动系统信号采集完成后执行程序前进至3092处变模换挡电机角位移计算和3093处变模换挡电机角位移计算，在3092处变模换挡电机角位移计算和在3093处变模换挡电机角位移计算完成之后，执行程序前进至3094处进行换挡电机换挡，在3094处换挡电机换挡完成后，执行程序前进至3095处驱动电机主动调速，之后执行程序前进至3096处进行转速差判断，当3096处转速差判断不成立时回到3095处继续进行驱动电机主动调速，当3096处转速差判断成立时执行程序前进至3097处换挡电机换挡，在3097处换挡电机换挡完成后变模执行程序结束进入310处終了；

[0041] 上述过程中305处电动离合器的执行程序模块、309处变模执行机构执行程序模块、306处驱动电机转矩输出和308处集中/分布模式判断要实时对301处执行机构与传感器信号采集进行信号反馈，309处变模执行机构执行程序模块还要将信息实时向306处驱动电机输出进行反馈；

[0042] 图4所示为本发明实施例集中式/分布式模式阈值判据流程图。启动车辆后，首先进行挡位检测。检测为前进挡时判断程序前进至400处进行 $t=1$ 的判断。 $t=1$ 用于判断车辆是否为刚起步，如果 $t=1$ 成立则车辆为刚起步状态，采用集中式驱动；如果 $t=1$ 不成立，则车辆不是刚起步状态，判断程序前进至401处进行当前模式判断；

[0043] 当401处当前模式判断为集中式驱动时判断程序前进至402处进行 $V$ 小于 $V_{up}$ 的判断，在402处当 $V$ 小于 $V_{up}$ 的判断成立则采用集中式驱动，当 $V$ 小于 $V_{up}$ 的判断不成立时判断程序前进至404处进行SOC大于SOC<sub>obj</sub>的判断；

[0044] 当401处当前模式判断为分布式驱动时判断程序前进至403处若 $V$ 大于 $V_{down}$ 的判断，在403处当 $V$ 大于 $V_{down}$ 的判断不成立时采用集中式驱动，若 $V$ 大于 $V_{down}$ 的判断成立时判断程序前进至404处进行SOC大于SOC<sub>obj</sub>的判断；

[0045] 当404处SOC大于SOC<sub>obj</sub>的判断成立时判断程序前进至405处进行 $T_r/2$ 小于 $T_{max}$ 的判断；在405处当 $T_r/2$ 小于 $T_{max}$ 的判断不成立时进入集中式驱动，当405处 $T_r/2$ 小于 $T_{max}$ 的判断成立时进入分布式驱动；

[0046] 当404处SOC大于SOC<sub>obj</sub>的判断不成立时判断程序前进至406处进行 $T_r/2$ 同时小于 $T_{max}$ 和 $T_{emax}$ 的判断，在406处当 $T_r/2$ 同时小于 $T_{max}$ 和 $T_{emax}$ 的判断成立时进入分布式驱动，当406处 $T_r/2$ 同时小于 $T_{max}$ 和 $T_{emax}$ 的判断不成立时进入集中式驱动；

[0047] 图5所示为本发明实施例的集中式驱动各驱动模式判据流程图。进入集中式驱动之后，判断程序前进至500处进行 $T_r$ 大于0的判断，当500处的 $T_r$ 大于0的判断成立时，判断程序前进至501处进行SOC大于SOC<sub>obj</sub>的判断；

[0048] 当501处SOC大于SOC<sub>obj</sub>的判断成立时进入双电机并联集中式驱动，当501处SOC大于SOC<sub>obj</sub>判断不成立时，判断程序前进至502处进行SOC大于SOC<sub>L</sub>的判断；

[0049] 当502处SOC大于SOC<sub>L</sub>的判断成立时判断程序前进至503处进行 $V$ 小于 $V_e$ 的判断，在503处当 $V$ 小于 $V_e$ 的判断成立时进入双电机并联集中式驱动，当 $V$ 小于 $V_e$ 的判断不成立时判断



程序前进至504处进行转矩 $T_r$ 大于 $T_{eopt}$ 的判断；

[0050] 在504处当 $T_r$ 大于 $T_{eopt}$ 的判断成立时进入发动机-双电机并联集中式驱动,当 $T_r$ 大于 $T_{eopt}$ 的判断不成立时进入发动机集中式驱动(行车充电)；

[0051] 当502处SOC大于 $SOC_L$ 的判断不成立时进入发动机集中式驱动(行车充电)；

[0052] 进入集中式驱动之后,判断程序前进至500处进行转矩 $T_r$ 大于0的判断,当500处 $T_r$ 大于0的判断不成立时判断程序前进至505处进行SOC大于 $SOC_H$ 的判断；

[0053] 当505处SOC大于 $SOC_H$ 的判断成立时进入机械制动;当505处SOC大于 $SOC_H$ 的判断不成立时判断程序前进至506处进行 $|T_r|$ 大于 $2|T_{mmax}|$ 的判断；

[0054] 当506处 $|T_r|$ 大于 $2|T_{mmax}|$ 的判断成立时进入双电机并联集中式制动+机械制动,当506处 $|T_r|$ 大于 $2|T_{mmax}|$ 的判断不成立时进入双电机并联集中式制动。

[0055] 本发明实施例中所出现的双电机并联集中式驱动和双电机并联集中式制动为同一种工作模式,不同点在于双电机并联集中式驱动时电机转矩大于0,双电机并联集中式制动时电机转矩小于0。

[0056] 图6所示为本发明实施例的分布式驱动各驱动模式阈值判据流程图。进入分布式驱动之后,判断程序前进至600处进行转矩 $T_{re}$ 大于0的判断,当600处的转矩 $T_{re}$ 大于0的判断成立时,判断程序前进至601处进行SOC大于 $SOC_{obj}$ 的判断；

[0057] 当601处SOC大于 $SOC_{obj}$ 的判断成立时进入双电机并联分布式驱动,当601处SOC大于 $SOC_{obj}$ 的判断不成立时,判断程序前进至602处进行SOC大于 $SOC_L$ 的判断；

[0058] 当602处SOC大于 $SOC_L$ 的判断不成立时进入发动机-主电机并联分布式驱动,当602处SOC大于 $SOC_L$ 的判断成立时判断程序前进至603处进行 $T_r/2$ 小于 $T_{eopt}$ 的判断；

[0059] 当603处 $T_r/2$ 小于 $T_{eopt}$ 的判断成立时进入发动机-主电机并联分布式驱动,此时 $T_e = T_{eopt}$ ,当603处 $T_r/2$ 小于 $T_{eopt}$ 的判断不成立时进入发动机-主电机并联分布式驱动,此时 $T_e = T_{emax}$ ；

[0060] 进入分布式驱动之后,判断程序前进至600处进行 $T_{re}$ 大于0的判断,当600处的 $T_{re}$ 大于0的判断不成立时判断程序前进至604处进行SOC大于 $SOC_H$ 的判断；

[0061] 当604处SOC大于 $SOC_H$ 的判断成立时进入机械制动,当604处SOC大于 $SOC_H$ 的判断不成立时,判断程序前进至605处进行 $|T_{re}|$ 大于 $2|T_{mmax}|$ 的判断;当605处 $|T_{re}|$ 大于 $2|T_{mmax}|$ 的判断成立时进入双电机并联分布式制动+机械制动,当605处 $|T_{re}|$ 大于 $2|T_{mmax}|$ 的判断不成立时进入双电机并联分布式制动。

[0062] 本发明实施例中所出现的双电机并联分布式驱动和双电机并联分布式制动为一中工作模式,不同点在于双电机并联分布式驱动时电机转矩大于0,双电机并联分布式制动时电机转矩小于0。

[0063] 显然,本发明的上述实施例仅仅是为了清楚地说明本发明所作的举例,而并非是对本发明实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无法对所有的实施方式予以穷举。凡是属于本发明的技术方案所引申出的显而易见的变化或变动仍处于本发明的保护范围之列。

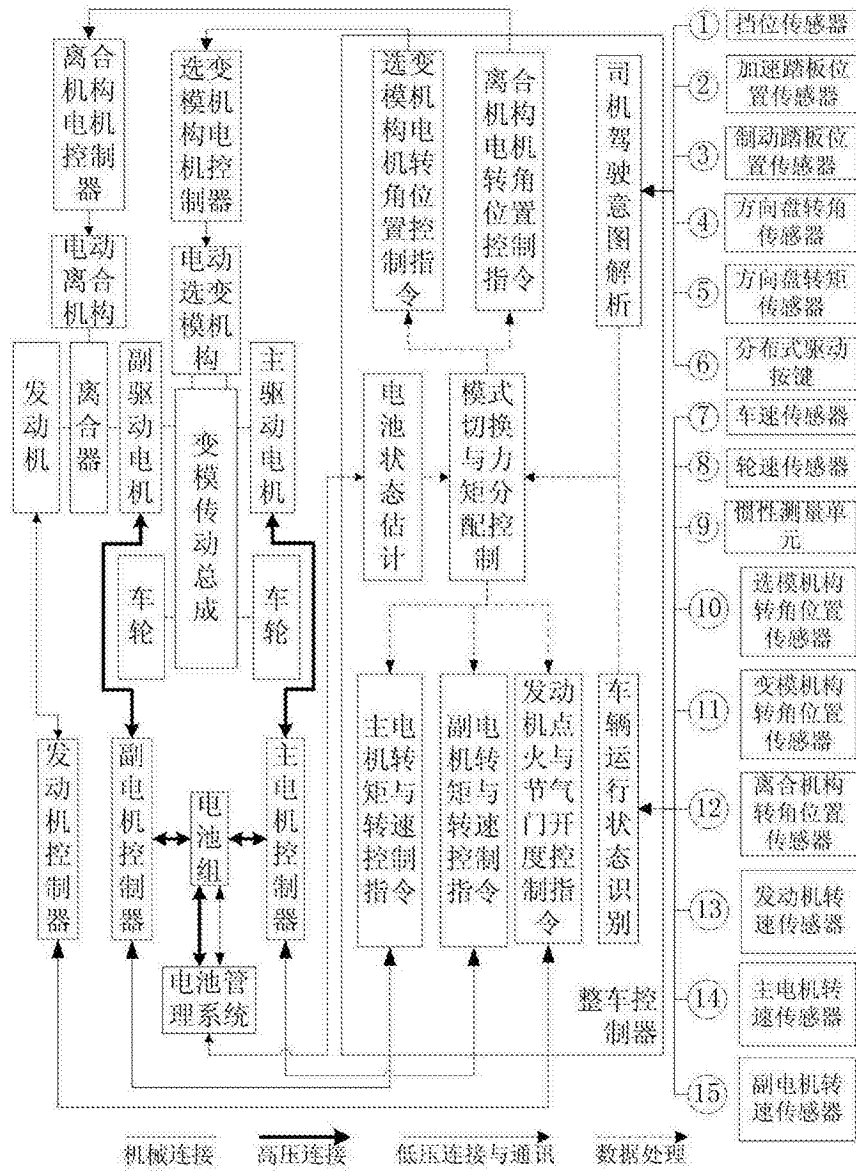


图1

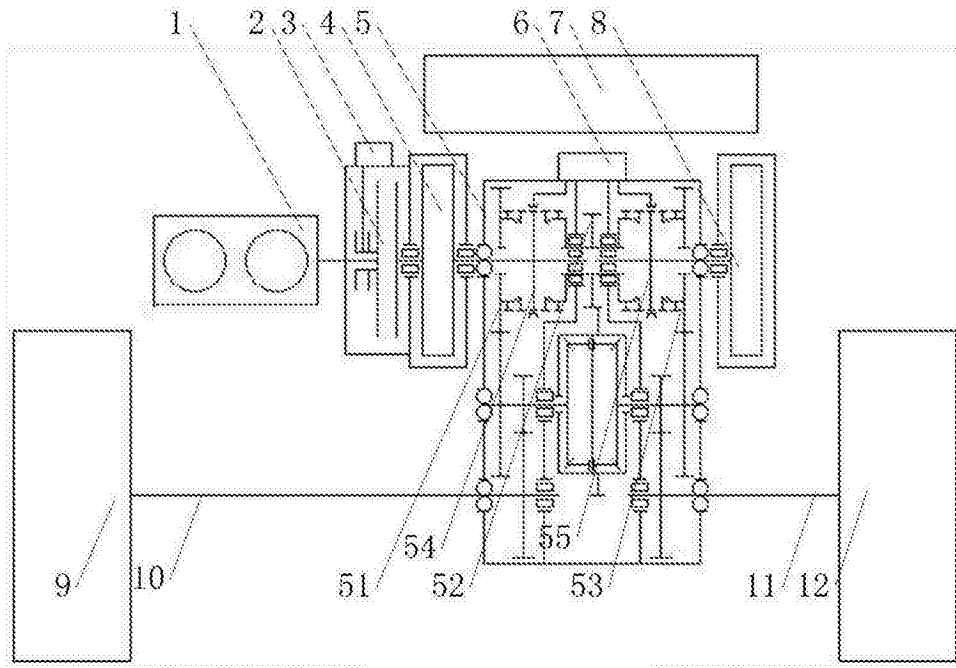


图2

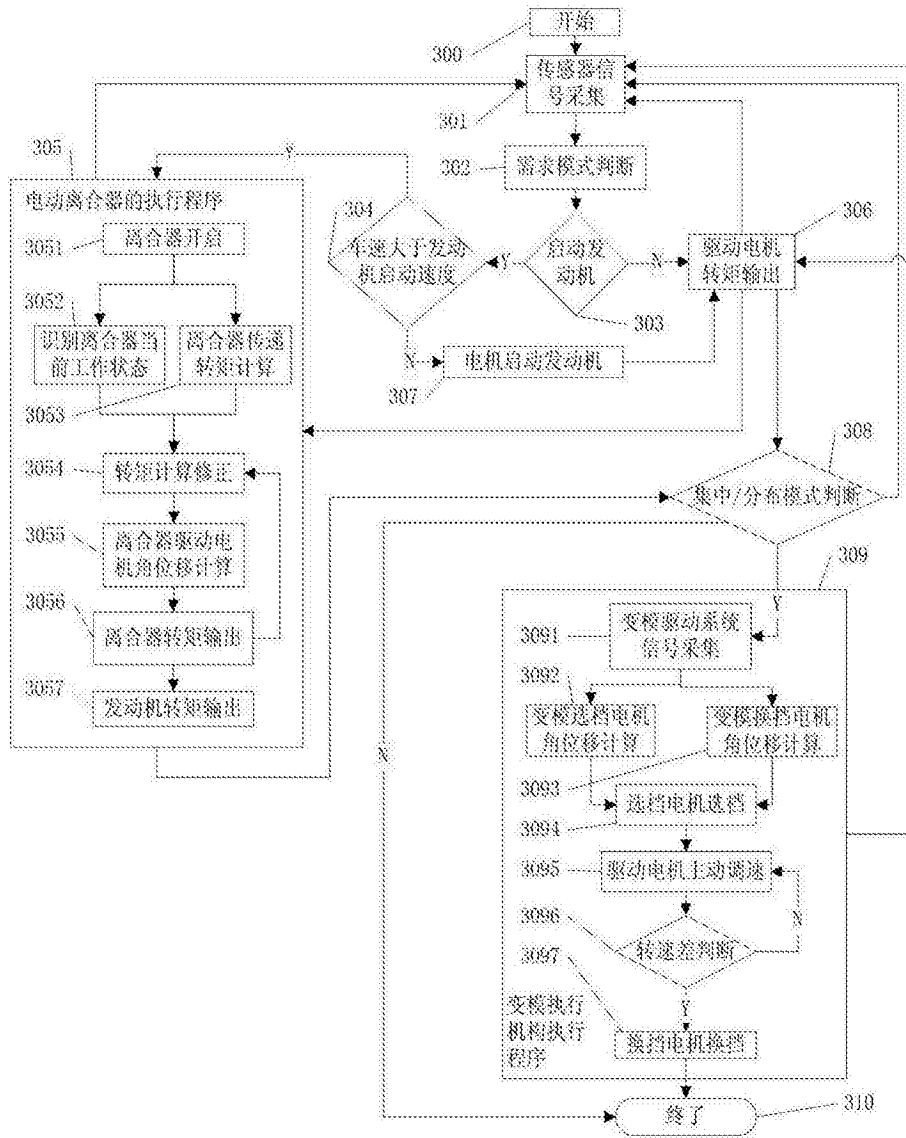


图3

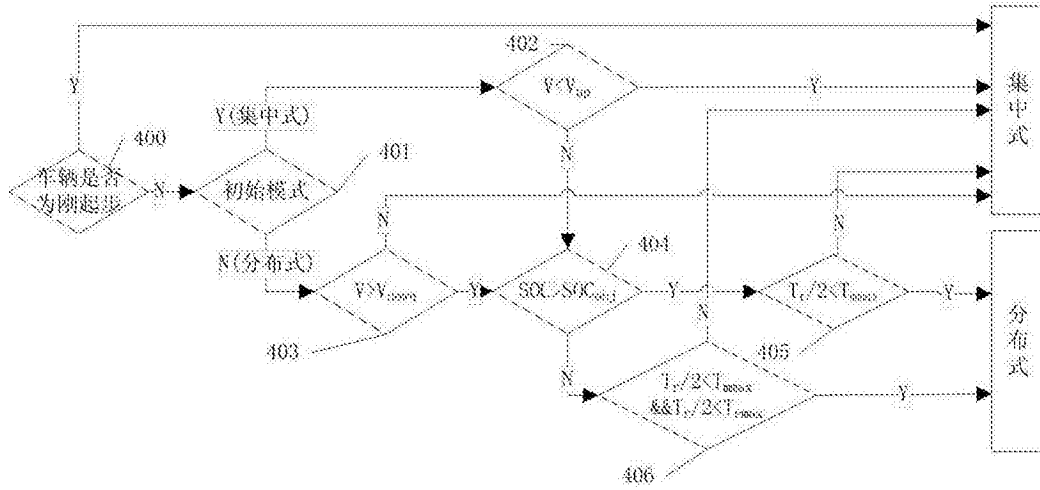


图4

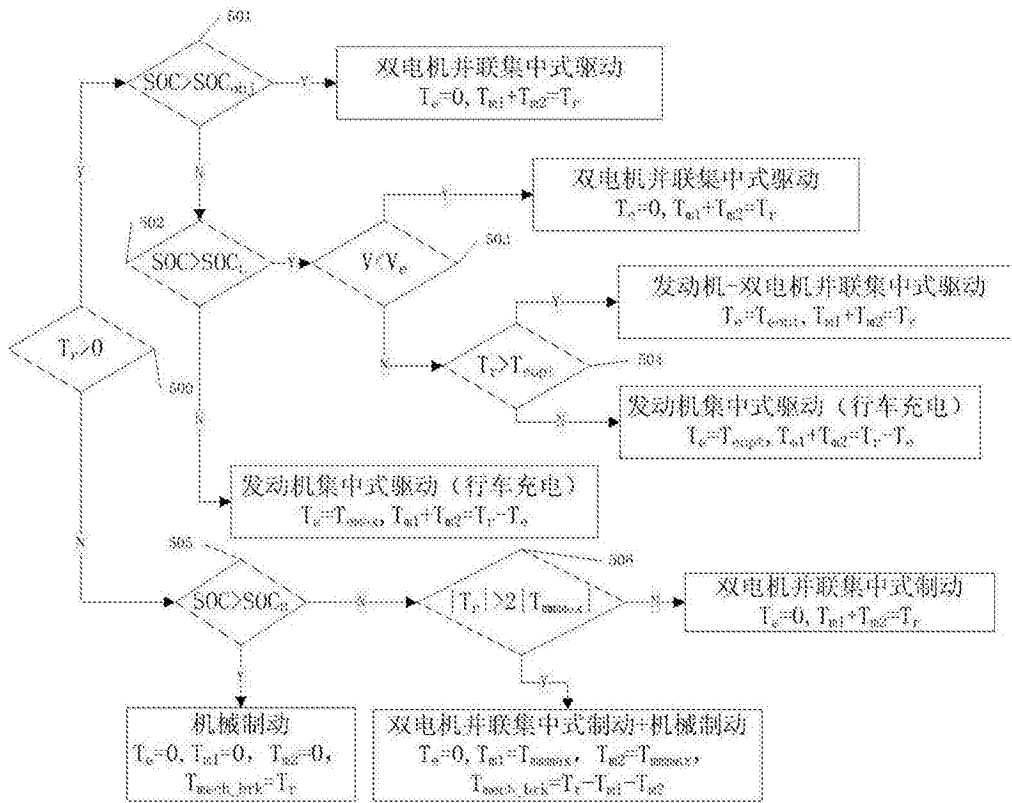


图5

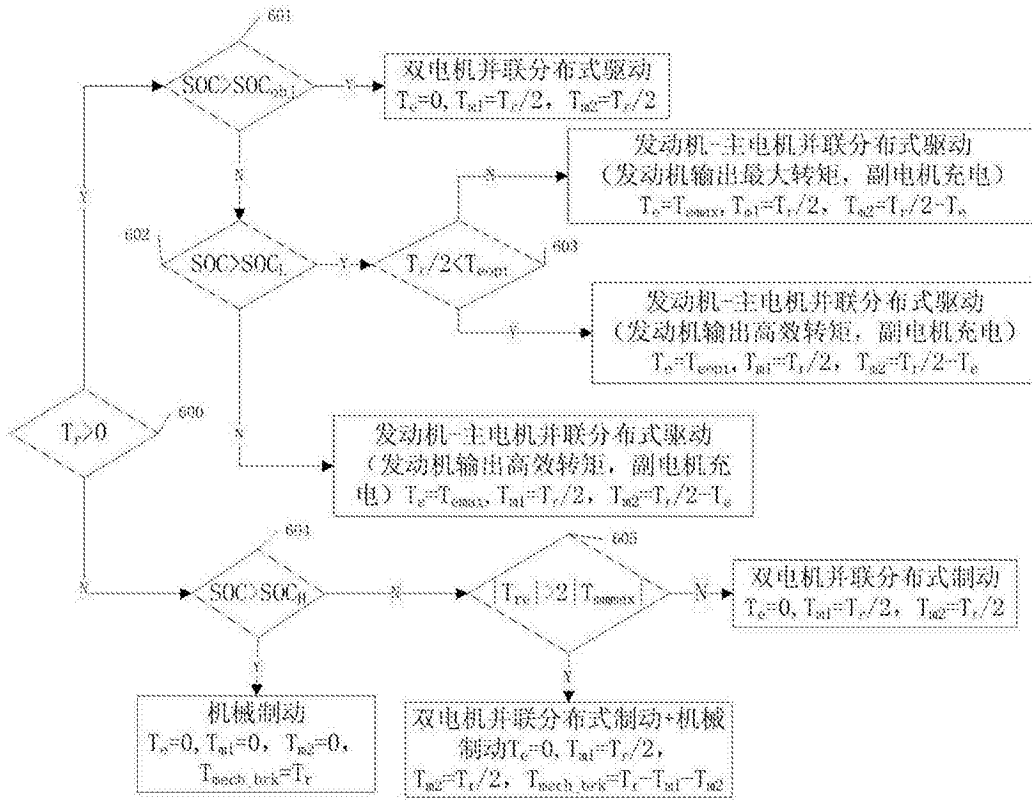


图6