



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105667292 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 15

(21) 申请号 201610129943. 3

B60K 17/02(2006. 01)

(22) 申请日 2016. 03. 08

B60K 17/04(2006. 01)

(71) 申请人 清华大学

B60K 17/34(2006. 01)

地址 100084 北京市海淀区清华园 1 号

B60L 7/10(2006. 01)

B60T 13/12(2006. 01)

(72) 发明人 罗禹贡 秦兆博 张东好 李克强

张书玮 陈龙 解来卿 李升波

连小珉 王建强 郑四发 杨殿阁

(74) 专利代理机构 北京尚德技研知识产权代理
事务所(普通合伙) 11378

代理人 严勇刚

(51) Int. Cl.

B60K 6/12(2006. 01)

B60K 6/36(2007. 01)

B60K 6/38(2007. 01)

B60K 6/44(2007. 01)

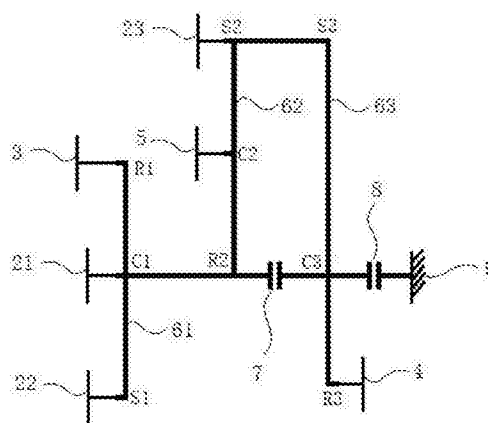
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于行星传动的液压式混合动力车辆传动系统

(57) 摘要

本发明公开一种基于行星传动的液压式混合动力车辆传动系统,解决了双输出控制和三机械自由度控制。它包括三组液压泵/马达,一个发动机,前、后两个输出轴,三排行星齿轮机构,两个离合器,一个制动器。发动机,液压泵/马达,前、后输出轴分布连接在三排行星齿轮机构中,其中发动机与前、后输出轴不通过行星齿轮机构直接连接,前、后输出轴之间也不通过行星齿轮机构直接连接,前、后输出轴与制动器之间也不直接连接。本发明采用三排行星齿轮机构,三组液压泵/马达均可以实现驱动或制动,通过协调控制实现系统的混联驱动及启动发动机等功能,同时可以调节发动机的工作点,提供车辆附件所需的功率,实现了系统控制的结构和功能集成。



1. 一种基于行星传动的液压式混合动力车辆传动系统,其特征在于:它包括蓄能器(1),液压泵/马达,发动机(3),前、后输出轴(4,5),行星齿轮机构,第一、第二离合器(7,8),制动器(9);

所述液压泵/马达有三组,包括第一组液压泵/马达(21)、第二组液压泵/马达(22)、第三组液压泵/马达(23),所述行星齿轮机构有三排,包括第一排行星齿轮机构(61)、第二排行星齿轮机构(62)、第三排行星齿轮机构(63);

其中,所述发动机(3)的输出轴与第一排行星齿轮机构(61)的齿圈(R1)传动连接,第一组液压泵/马达(21)的输出轴与第一排行星齿轮机构(61)的行星架(C1)传动连接,第二组液压泵/马达(22)的输出轴与第一排行星齿轮机构(61)的太阳轮(S1)传动连接,第一排行星齿轮机构(61)的行星架(C1)与第二排行星齿轮机构(62)的齿圈(R2)传动连接,第三组液压泵/马达(23)的输出轴与第二排行星齿轮机构(62)的太阳轮(S2)传动连接,前输出轴(4)和后输出轴(5)中的一个与第二排行星齿轮机构(62)的行星架(C2)传动连接,第二排行星齿轮机构(62)的齿圈(R2)与第三排行星齿轮机构(63)的行星架(C3)通过第一离合器(7)传动连接,第二排行星齿轮机构(62)的太阳轮(S2)与第三排行星齿轮机构(63)的太阳轮(S3)传动连接,第三排行星齿轮机构(63)的齿圈(R3)与后输出轴(5)和前输出轴(4)中的另一个传动连接,第三排行星齿轮机构(63)的行星架(C3)与制动器(9)通过第二离合器(8)传动连接。

2. 根据权利要求1所述的基于行星传动的液压式混合动力车辆传动系统,其特征在于:在所述发动机(3)与所述行星齿轮机构之间,所述液压泵/马达与所述行星齿轮机构之间,所述前、后输出轴(4,5)与所述行星齿轮机构之间的任一组连接结构中接有减速机构;以及每一排所述行星齿轮机构中的齿圈与太阳轮的齿数比,所述发动机的转矩,所述液压泵/马达的转动惯量、力矩和角加速度,都根据车辆需求输出的功率联合匹配。

3. 根据权利要求1或2所述的基于行星传动的液压式混合动力车辆传动系统,其特征在于:所述传动系统的动力学方程为:

设 R_1 、 R_2 、 R_3 、 S_1 、 S_2 、 S_3 分别为所述第一、第二、第三排行星齿轮机构(61,62,63)的齿圈半径及太阳轮半径, I_e 、 I_F 、 I_R 、 I_{pm} 分别为发动机(3)、前输出轴(4)、后输出轴(5)及各组液压泵/马达的转动惯量,忽略行星排自身转动惯量, T_{eng} 、 T_{F_out} 、 T_{R_out} 、 T_{pm} 分别为发动机(3)、前输出轴(4)、后输出轴(5)及各组液压泵/马达的力矩, $\dot{\omega}_{eng}$ 、 $\dot{\omega}_{F_output}$ 、 $\dot{\omega}_{R_output}$ 、 $\dot{\omega}_{pm}$ 分别为发动机(3)、前输出轴(4)、后输出轴(5)及各组液压泵/马达的角加速度, F_1 、 F_2 、 F_3 分别为第一、第二、第三排行星齿轮机构(61,62,63)的内力,则:

在低速大转矩模式下,第一离合器(7)断开,第二离合器(8)闭合,其动力学方程为:

$$\begin{bmatrix} I_e & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_F & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R_3 \\ 0 & 0 & I_R & 0 & 0 & 0 & 0 & R_2+S_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{pm1} & 0 & 0 & -S_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I_{pm2} & 0 & R_1+S_1 & -R_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I_{pm3} & 0 & -S_2 & -S_3 \\ -R_1 & 0 & 0 & -S_1 & R_1+S_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_2+S_2 & 0 & -R_2 & -S_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -R_3 & 0 & 0 & 0 & -S_3 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\omega}_{eng} \\ \dot{\omega}_{f_output} \\ \dot{\omega}_{r_output} \\ \dot{\omega}_{pm1} \\ \dot{\omega}_{pm2} \\ \dot{\omega}_{pm3} \\ F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_e \\ T_{f_out} \\ T_{r_out} \\ T_{pm1} \\ T_{pm2} \\ T_{pm3} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

在高速模式下,第一离合器(7)断开,第二离合器(8)闭合,其动力学方程为:

$$\begin{bmatrix} I_e & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_F & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R_3 \\ 0 & 0 & I_R & 0 & 0 & 0 & 0 & R_2+S_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{pm1} & 0 & 0 & -S_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I_{pm2} & 0 & R_1+S_1 & -R_2 & R_3+S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I_{pm3} & 0 & -S_2 & -S_3 \\ -R_1 & 0 & 0 & -S_1 & R_1+S_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_2+S_2 & 0 & -R_2 & -S_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -R_3 & 0 & 0 & R_3+S_3 & -S_3 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\omega}_{eng} \\ \dot{\omega}_{f_output} \\ \dot{\omega}_{r_output} \\ \dot{\omega}_{pm1} \\ \dot{\omega}_{pm2} \\ \dot{\omega}_{pm3} \\ F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_e \\ T_{f_out} \\ T_{r_out} \\ T_{pm1} \\ T_{pm2} \\ T_{pm3} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

4. 根据权利要求3所述的基于行星传动的液压式混合动力车辆传动系统,其特征在于:当其中一组所述液压泵/马达的转速为0时,对应于该组所述液压泵/马达的输入、输出传动比为0.5~1时,适合高速巡航工况;对应于该组所述液压泵/马达的输入、输出传动比为1.5~4时,适合低速启动工况;

当车辆处于倒挡行驶时,所述第一离合器(7)断开,第二离合器(8)闭合,此时所述发动机处于工作或不工作状态均可,通过调节第一组液压泵/马达(21)和第三组液压泵/马达(23)的转速及转矩实现倒退;

当车辆处于液压驱动行驶工况中,分别根据低速和高速两个模式下行驶功率的需求,调节第一组液压泵/马达(21)和第三组液压泵/马达(23)的转速及转矩,第二组液压泵/马达(22)只进行转速调节,维持所述发动机不工作或在允许转速内空转即可;

当车辆处于制动能量回收时,分别根据两个前、后输出轴(4,5)中的制动功率,调节第一组液压泵/马达(21)、第二组液压泵/马达(22)和第三组液压泵/马达(23)的转速及转矩,同时使发动机停止工作,并将回收的液压能储存于所述蓄能器(1)中。

一种基于行星传动的液压式混合动力车辆传动系统

技术领域

[0001] 本发明涉及机械传动和液压传动的混合动力传动技术,具体涉及一种基于行星传动的液压式混合动力车辆传动系统。

背景技术

[0002] 目前的液压式混合动力系统,包括发动机和液压动力系统,液压动力系统以液压储能器作为储能元件,以液压泵/马达作为动力元件。由于液压动力系统具有功率密度大、制动能量回收率高、安全可靠、成本低、节能环保等优点,在公交车、工程机械等重型车辆中应用广泛。

[0003] 目前的传动系统多采用串联式工作模式,即发动机通过液压泵将能量存储后,通过马达输出动能,但其能量的转化效率较低且所需的发动机、液压泵等峰值功率可能较高。

[0004] 混联式的混合动力传动系统类型目前主要包括基于行星传动的功率耦合机构及基于离合器的串并联式机构。行星齿轮结构相比于单轴或多轴式的串并联结构,具有体积小,承载能力强,工作稳定等特点,特别是其可以实现结构紧凑的大功率传动,被广泛的应用。同时,行星传动可以通过调节发动机的转速并使其与输出的车轮转速解耦,保证发动机可以工作在最优工作区域中,实现了无级变速(CVT),且无需变速器,提高了燃油经济性。

[0005] 基于行星传动的混联式混合动力系统,从最初的丰田普锐斯至今,其结构设计方式不断更新,效率及动力性不断提升的同时,综合油耗也在逐渐减小。基于行星齿轮机构的结构设计,被大量投入生产应用,相应的针对不同车型的结构选型方法也被广泛研究。根据不同部件的位置关系,行星齿轮结构又可以分为输入型结构、输出型结构以及复合型结构。其中输入型结构中电机或马达与输出轴直接或间接相连,输出型结构中电机或马达与发动机直接或间接相连,复合型结构中则部件互相都没有连接。已经有研究证明,在低速大功率需求工况中输入型结构效率更高,而高速巡航工况下复合型结构的综合效率较高。根据上述特点,改进后的行星齿轮系结构可通过制动器或者离合器实现多工作模式,保证全过程执行效率。

[0006] 目前的大部分研究都集中在具有单输出的基于行星齿轮结构的轮式车辆传动系统中,也就是说传动系统通过一个输出轴输出需求扭矩,如丰田普锐斯。也有研究人员开始进行具有前、后轴双输出的(All-wheel Drive,AWD)的行星齿轮结构的研究,但并没有建立具有双输出的行星齿轮结构的系统方法设计研究,相关研究也刚刚起步。

[0007] 具有双输出的基于行星传动的混联式结构,如果需要双输出的转矩进行分别单独控制,并且使系统具有无极变速的性能,至少需要具有三个自由度,其设计难度相比于单输出系统有所增加。如果能够通过设计具有双输出的行星齿轮结构,并且具有三个自由度,同时实现驱动前、后输出轴和调节发动机工作点,将在提升系统效率的同时使得结构更加紧凑,集成化程度更高,通过参数设计的方法改变行星齿轮自身的结构参数也能够实现性能的较大提升。

发明内容

[0008] 为了实现具有双输出、三自由度的控制,本发明提出了一种具有三级行星齿轮结构的混合动力车辆传动系统,该系统可以通过发动机、液压泵/马达、蓄能器及两个输出轴与行星齿轮系的连接,实现混合动力车辆的动力源耦合,同时可以实现分别控制前、后输出轴的驱动功能,并且通过模式切换,实现了较高的传动效率。

[0009] 为了实现上述的具有双输出三自由度行星传动的液压式混合动力车辆传动系统的设计,本发明采用的技术方案为:

[0010] 一种基于行星传动的液压式混合动力车辆传动系统,其特征在于:它包括蓄能器,液压泵/马达,发动机,前、后输出轴,行星齿轮机构,第一、第二离合器,制动器;所述液压泵/马达有三组,包括第一组液压泵/马达、第二组液压泵/马达、第三组液压泵/马达,所述行星齿轮机构有三排,包括第一排行星齿轮机构、第二排行星齿轮机构、第三排行星齿轮机构;其中,所述发动机的输出轴与第一排行星齿轮机构的齿圈传动连接,第一组液压泵/马达的输出轴与第一排行星齿轮机构的行星架传动连接,第二组液压泵/马达的输出轴与第一排行星齿轮机构的太阳轮传动连接,第一排行星齿轮机构的行星架与第二排行星齿轮机构的齿圈传动连接,第三组液压泵/马达的输出轴与第二排行星齿轮机构的太阳轮传动连接,前输出轴和后输出轴中的一个与第二排行星齿轮机构的行星架传动连接,第二排行星齿轮机构的齿圈与第三排行星齿轮机构的行星架通过第一离合器传动连接,第二排行星齿轮机构的太阳轮与第三排行星齿轮机构的太阳轮传动连接,第三排行星齿轮机构的齿圈与后输出轴和前输出轴中的另一个传动连接,第三排行星齿轮机构的行星架与制动器通过第二离合器传动连接。

[0011] 进一步地,在所述发动机与所述行星齿轮机构之间、所述液压泵/马达与所述行星齿轮机构之间、所述前、后输出轴与所述行星齿轮机构之间,任一组连接结构中接有减速机构;所述行星齿轮机构中齿圈与太阳轮的齿数比,发动机的转矩,液压泵/马达的转动惯量、力矩和角加速度,都根据车辆需求输出的功率联合匹配。

[0012] 进一步地,所述传动系统的动力学方程为:

[0013] 设 R_1 、 R_2 、 R_3 、 S_1 、 S_2 、 S_3 分别为所述第一、第二、第三排行星齿轮机构的齿圈半径及太阳轮半径, I_e 、 I_f 、 I_r 、 I_{pm} 分别为发动机、前输出轴、后输出轴及各组液压泵/马达的转动惯量,忽略行星排自身转动惯量, T_{eng} 、 T_{f_out} 、 T_{r_out} 、 T_{pm} 分别为发动机、前输出轴、后输出轴及各组液压泵/马达的力矩, $\dot{\omega}_{eng}$ 、 $\dot{\omega}_{f_output}$ 、 $\dot{\omega}_{r_output}$ 、 $\dot{\omega}_{pm}$ 分别为发动机、前输出轴、后输出轴及各组液压泵/马达的角加速度, F_1 、 F_2 、 F_3 分别为第一、第二、第三排行星齿轮机构的内力,则:

[0014] 在低速大转矩模式下,第一离合器断开,第二离合器闭合,其动力学方程为:

[0015]

$$\begin{bmatrix} I_e & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_F & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R_3 \\ 0 & 0 & I_R & 0 & 0 & 0 & 0 & R_2+S_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{pm1} & 0 & 0 & -S_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I_{pm2} & 0 & R_1+S_1 & -R_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I_{pm3} & 0 & -S_2 & -S_3 \\ -R_1 & 0 & 0 & -S_1 & R_1+S_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_2+S_2 & 0 & -R_2 & -S_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -R_3 & 0 & 0 & 0 & -S_3 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\omega}_{eng} \\ \dot{\omega}_{f_output} \\ \dot{\omega}_{r_output} \\ \dot{\omega}_{pm1} \\ \dot{\omega}_{pm2} \\ \dot{\omega}_{pm3} \\ F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_e \\ T_{f_out} \\ T_{r_out} \\ T_{pm1} \\ T_{pm2} \\ T_{pm3} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

[0016] 在高速模式下,第一离合器断开,第二离合器闭合,其动力学方程为:

[0017]

$$\begin{bmatrix} I_e & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_F & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R_3 \\ 0 & 0 & I_R & 0 & 0 & 0 & 0 & R_2+S_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{pm1} & 0 & 0 & -S_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I_{pm2} & 0 & R_1+S_1 & -R_2 & R_3+S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I_{pm3} & 0 & -S_2 & -S_3 \\ -R_1 & 0 & 0 & -S_1 & R_1+S_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_2+S_2 & 0 & -R_2 & -S_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -R_3 & 0 & 0 & R_3+S_3 & -S_3 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\omega}_{eng} \\ \dot{\omega}_{f_output} \\ \dot{\omega}_{r_output} \\ \dot{\omega}_{pm1} \\ \dot{\omega}_{pm2} \\ \dot{\omega}_{pm3} \\ F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_e \\ T_{f_out} \\ T_{r_out} \\ T_{pm1} \\ T_{pm2} \\ T_{pm3} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}。$$

[0018] 进一步地,当其中一组所述液压泵/马达的转速为0时,对应于该组所述液压泵/马达的输入、输出传动比为0.5~1时,适合高速巡航工况;对应于该组所述液压泵/马达的输入、输出传动比为1.5~4时,适合低速启动工况。

[0019] 进一步地,当车辆处于倒挡行驶时,所述第一离合器断开,第二离合器闭合,此时所述发动机处于工作或不工作状态均可,通过调节第一组液压泵/马达和第三组液压泵/马达的转速及转矩实现倒退功能。

[0020] 进一步地,当车辆处于液压驱动行驶工况中,在低速和高速两个模式下,分别根据行驶需求的功率,调节第一组液压泵/马达和第三组液压泵/马达的转速及转矩,第二组液压泵/马达只进行转速调节,以维持所述发动机不工作或在允许转速内空转即可。

[0021] 进一步地,当车辆处于制动能量回收时,在低速和高速两个模式下,分别根据两个前、后输出轴中的制动功率,调节第一组液压泵/马达、第二组液压泵/马达和第三组液压泵/马达的转速及转矩,同时使发动机停止工作,并将回收的液压能储存于所述蓄能器中。

[0022] 本发明的优点可以概括如下:

[0023] 1. 本发明通过三排行星齿轮系实现了基于行星传动的具有双输出功能的液压式混合动力传动系统,该系统可以分别控制前、后输出轴,实现车辆更优秀的操控性能和动力性能。

[0024] 2. 本发明是一款新型的液压混合动力驱动系统,可实现双工作模式切换,两个模

式分别适用于低速启动爬坡及高速巡航工况,使整个动力系统的效率大大提升。

[0025] 3.本发明通过设置一个发动机、三个液压泵/马达和两个输出轴,具有三个自由度,可以在分别控制两个输出轴的同时,控制发动机的工作点,使得发动机始终工作在最佳的效率区域。

[0026] 4.本发明通过行星传动结构实现了混联式驱动工作模式,可以大大提高系统的传动效率,可根据不同的工况通过对发动机及液压泵/马达协调控制,实现混联式驱动。

[0027] 5.本发明充分利用液压泵/马达的功能,三个液压泵/马达除可以调节发动机工作点,完成驱动过程外,在制动中也可以实现制动能量的回收。

[0028] 6.本发明传动系统结构无需设置倒挡,可以直接通过控制液压泵/马达,实现倒退功能。

[0029] 7.本发明可以直接通过控制两个液压泵/马达启动发动机,或实现利用液压能驱动车辆的模式。

[0030] 8.本发明结构布置紧凑,集成性高,整体传动系统体积小,整车结构布置容易。

[0031] 总之,本发明采用三排行星齿轮的结构,可以减小对发动机、液压泵/马达的功率需求,降低对部件的转速转矩要求,减小了系统的加工和制造难度。系统结构通过利用离合器一对液压泵/马达与第三级星齿轮排的行星架相互连接进行控制,以及利用离合器二和制动器对第三级星齿轮排的行星架进行锁止控制,得到两个操作模式,提高了系统的整体效率。在不同的驱动模式下,三个液压泵/马达均可以实现驱动或制动,通过协调控制实现系统的混联驱动及启动发动机等功能,同时可以调节发动机的工作点,提供车辆附件所需的功率,实现了系统控制的结构和功能集成。本发明的其他特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分的可从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。

附图说明

[0032] 附图仅用于示出具体实施例的目的,而并不认为是对本发明的限制,在整个附图中,相同的参考符号表示相同的部件。

[0033] 图1为本发明传动系统的结构实施例简图;

[0034] 图2为三级行星齿轮机构与其他部件连接的原理图;

[0035] 图3为三级行星齿轮机构与其他部件的结构关系简图。

[0036] 图中标号:1-蓄能器,3-发动机,4-前输出轴,5-后输出轴,7-第一离合器,8-第二离合器,9-制动器,21-第一组液压泵/马达,22-第二组液压泵/马达,23-第三组液压泵/马达,61-第一级行星齿轮机构,62-第二级行星齿轮机构,63-第三级行星齿轮机构,R1、R2、R3-齿圈,S1、S2、S3-太阳轮,C1、C2、C3-行星架。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述,其中,附图构成本申请一部分,并与本发明的实施例一起用于阐释本发明。但本领域的技术人员应该知道,以下实施例并不是对本发明技术方案作的唯一限定,凡是在本发明技术方案精神实质下所做的任何等同变换或改动,均应视为属于本发明的保护范围。

[0038] 本发明一种基于行星传动的液压式混合动力车辆传动系统,主要是利用行星齿轮

机构和离合器,将发动机、液压泵/马达、制动器和前、后两个输出轴等连接起来组合成一种结构。在该结构中,通过合理安排行星齿轮机构、离合器、发动机、液压泵/马达等的数量和配置位置,得以实现通过控制液压泵/马达和发动机,来实现车辆前、后两个输出轴(即前、后轮)转矩的双输出控制(同步或分别输出转矩);实现低速和高速行驶模式的自由切换,实现混合驱动及制动能量回收,实现无倒挡情况下的倒退功能等。

[0039] 并且,针对能源供应类型的不同,对有电池作为储能器的纯电动或电液混合车辆,液压泵/马达可以用电机代替,当车辆由油液作为能源驱动时,采用液压泵/马达,当车辆由电作为能源驱动时,采用电机;当车辆由电液混合驱动时,可同时采用液压泵/马达和电机组合。

[0040] 图1具体示出了本发明的一个实施例结构,在该结构中,全部采用液压驱动元件,蓄能器1为油缸,三组液压泵/马达与蓄能器1通过油路连接;液压泵/马达、发动机3以及前、后输出轴4、5同时与三排行星齿轮机构机械连接。在本发明中液压泵/马达为液压泵与马达成对出现,并联在蓄能器1输出油路中,液压泵作为动力元件在制动能量回收阶段使用,马达作为执行元件,在将油液的压力能转换为机械能驱动行星齿轮机构的时候使用。作为另一种实施例,如果将图1实施例中的蓄能器1换成电池等储能装置,则液压泵/马达可以由电机代替。作为再一种实施例,如果将图1实施例中的蓄能器1换成电池和油缸两者并存,则液压泵/马达和电机同时可以连接于行星齿轮机构中,液压泵/马达由油缸供油,电机由电池供电。

[0041] 为了实现前、后输出轴的双输出以及系统的三自由度控制,本发明中,液压泵/马达(或者和电机一起)总计需采用三组,发动机3采用一个,同时行星齿轮机构需采用三排行星齿轮机构。如图2所示,第一排行星齿轮机构61包括齿圈R1、太阳轮S1、行星架C1,第二排行星齿轮机构62包括齿圈R2、太阳轮S2、行星架C2,第三排行星齿轮机构63包括齿圈R3、太阳轮S3、行星架C3。以全部采用液压泵/马达为例,如图2所示,三排行星齿轮机构,三组液压泵/马达,一个发动机以及前、后输出轴的具体连接关系为:发动机3的输出轴与齿圈R1的轴同轴连接,第一组液压泵/马达21的输出轴与行星架C1的行星架轴同轴连接,第二组液压泵/马达22的输出轴与太阳轮S1的轴同轴连接;行星架C1的行星架轴与齿圈R2的轴同轴连接,第三组液压泵/马达23的输出轴与太阳轮S2的轴同轴连接,后输出轴5与行星架C2的行星架轴同轴连接(此处后输出轴5换为前输出轴4也可以);齿圈R2的轴与行星架C3的行星架轴通过第一离合器7相连接,太阳轮S2与太阳轮S3同轴连接,齿圈R3的轴与前输出轴4相互连接(与上述对应地,此处前输出轴4换为后输出轴5也可以);行星架C3的另一个行星齿轮轴与制动器9的轴通过第二离合器8连接。

[0042] 图3仅是针对某车辆进行仿真后的结构实施例,从原理上讲,根据不同车辆的性能设计需求,三组液压泵/马达和发动机的安排位置,以及前、后输出轴的安排位置是可以变换的,需要计算匹配各个部件的功率等级,以及行星齿轮排自身的齿数比等参数确定。但在本发明的系统结构中,需要保证的是,发动机和前、后输出轴不能通过行星传动机构直接连接或间接连接,前、后输出轴之间以及输出轴与制动器之间,不能相互直接连接或间接连接,否则无法实现分别独立驱动及发动机工作点控制,总体来说可以由下面的公式更详细的说明,就是矩阵的秩必须为3。这里的直接连接,就是同轴连接,间接连接,就是定传动比传动,也就是转速不解耦。

[0043] 进一步讲,本发明可以通过加入减速机构,变更部件的传动比,减速机构可加入在前、后输出轴4、5,发动机3,或者液压泵/马达与行星齿轮机构连接之前。

[0044] 针对图3结构,可以写出该结构的动力学方程表达式如下:

[0045] 设 R_1 、 R_2 、 R_3 、 S_1 、 S_2 、 S_3 分别为第一、第二、第三排行星齿轮机构的齿圈半径及太阳轮半径。 I_e 、 I_F 、 I_R 、 I_{pm} 分别为发动机、前输出轴、后输出轴及各组液压泵/马达的转动惯量,忽略行星排自身转动惯量; T_{eng} 、 T_{f_out} 、 T_{r_out} 、 T_{pm} 分别为发动机、前输出轴、后输出轴及各组液压泵/马达的力矩, $\dot{\omega}_{eng}$ 、 $\dot{\omega}_{f_output}$ 、 $\dot{\omega}_{r_output}$ 、 $\dot{\omega}_{pm}$ 分别为发动机、前输出轴、后输出轴及液压泵/马达的角加速度; F_1 、 F_2 、 F_3 分别为第一、第二、第三排行星齿轮机构的内力,则:

[0046] 在低速大转矩模式下,第一离合器7闭合,第二离合器8断开,其动力学方程为:

[0047]

$$\begin{bmatrix} I_e & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_F & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R_3 \\ 0 & 0 & I_R & 0 & 0 & 0 & 0 & R_2+S_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{pm1} & 0 & 0 & -S_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I_{pm2} & 0 & R_1+S_1 & -R_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I_{pm3} & 0 & -S_2 & -S_3 \\ -R_1 & 0 & 0 & -S_1 & R_1+S_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_2+S_2 & 0 & -R_2 & -S_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -R_3 & 0 & 0 & 0 & -S_3 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\omega}_{eng} \\ \dot{\omega}_{f_output} \\ \dot{\omega}_{r_output} \\ \dot{\omega}_{pm1} \\ \dot{\omega}_{pm2} \\ \dot{\omega}_{pm3} \\ F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_e \\ T_{r_out} \\ T_{r_out} \\ T_{pm1} \\ T_{pm2} \\ T_{pm3} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0048] 在高速巡航模式下,第一离合器7闭合,第二离合器8断开,其动力学方程为:

[0049]

$$\begin{bmatrix} I_e & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_F & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R_3 \\ 0 & 0 & I_R & 0 & 0 & 0 & 0 & R_2+S_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{pm1} & 0 & 0 & -S_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I_{pm2} & 0 & R_1+S_1 & -R_2 & R_3+S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I_{pm3} & 0 & -S_2 & -S_3 \\ -R_1 & 0 & 0 & -S_1 & R_1+S_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_2+S_2 & 0 & -R_2 & -S_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -R_3 & 0 & 0 & R_3+S_3 & -S_3 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\omega}_{eng} \\ \dot{\omega}_{f_output} \\ \dot{\omega}_{r_output} \\ \dot{\omega}_{pm1} \\ \dot{\omega}_{pm2} \\ \dot{\omega}_{pm3} \\ F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_e \\ T_{r_out} \\ T_{r_out} \\ T_{pm1} \\ T_{pm2} \\ T_{pm3} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0050] 上述两个动力学方程中,右上矩阵为动力学特征矩阵,可以反映结构特征,其矩阵秩需为3以保证三个自由度。对两种模式的特征矩阵分别可以写作如下:

$$\begin{aligned}
 [0051] \quad \text{第一方程右上矩阵 } D_1 &= \begin{bmatrix} -R_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -R_3 \\ 0 & R_2 + S_2 & 0 \\ -S_1 & 0 & 0 \\ R_1 + S_1 & -R_2 & 0 \\ 0 & -S_2 & -S_3 \end{bmatrix} \\
 [0052] \quad \text{第二方程右上矩阵 } D_2 &= \begin{bmatrix} -R_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -R_3 \\ 0 & R_2 + S_2 & 0 \\ -S_1 & 0 & 0 \\ R_1 + S_1 & -R_2 & R_3 + S_3 \\ 0 & -S_2 & -S_3 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

[0053] 根据行星齿轮机构的基本原理可知,在太阳轮、齿圈和行星架三个基本元件中,可任选两个分别作为主动件和从动件,而使另一个元件固定不动(使该元件转速为零)或使其运动受一定约束(使该元件的转速为某一定值),则整个轮系即以一定的传动比传递动力。不同的连接和固定方案可得到不同的传动比,三个基本元件的不同组合可有6种不同的组合方案。

[0054] 本发明从控制策略考虑,如果仅考虑两个自由度控制,可以保证前、后输出轴的转矩控制,但却无法调节发动机工作点以实现额外提供附件功率了,而四个自由度控制从理论上是可行的,但是实际中不容易控制,所以本发明选择三自由度控制是合理的。为实现三自由度控制,假定每个部件只与一个行星齿轮机构节点连接,对于具有一个发动机、两个输出轴、三组液压泵/马达(和/或电机)的六个部件组成的传动系统而言,由于每个行星排有三个节点,故使用三排行星齿轮机构足以。一个发动机、两个输出轴、三组液压泵/马达(和/或电机),这其中任意三个部件的转速(即转矩)确定了,其他任何的转速、转矩都可唯一确定了,所以实现了三自由度控制,实际中是通过发动机和液压泵/马达(和/或电机)实现对两个输出轴的控制。

[0055] 同理,为实现双输出控制(通过传动系统,分别实现前、后两个输出轴的输出转矩或转速的独立精确输出与控制),必然至少需要两组液压泵/马达,同时两个输出不能在行星传动中直接或者间接耦合,否则将无法实现分别独立控制。

[0056] 所以,一个发动机+三组液压泵/马达(和/或电机)足以实现双输出、三自由度控制;不仅如此,通过两个离合器的开闭状态的切换,可使传动系统具有两个工作模式,分别可以适用于不同的行驶需求,一个是低速行驶工况,一个是高速行驶工况,还可以实现倒挡行驶;不仅如此,因为液压泵/马达和电机可以单独或混合应用到本系统,所以还可以实现纯液压驱动或电驱动或电液混合驱动,以及制动能量的回收。各排所述行星齿轮机构中齿圈与太阳轮的齿数比、所述发动机的转矩、所述液压泵/马达的转动惯量、力矩和转速特征,都根据车辆需求输出的功率联合匹配。

[0057] 下面就图2和图3所示的三个液压泵系统分别说明各功能实现:

[0058] 在启动或爬坡等需求扭矩较大的低速工况下,第二离合器8闭合,同时第一离合器

7断开,前、后输出轴4、5能够输出大扭矩,此为工作模式一。在工作模式一时,可以实现混合动力低速行驶。发动机3的动力通过第一排的行星架C1,第二排的齿圈R2,第二排的太阳轮S2,第三排的太阳轮S3分别传递给前、后输出轴4、5,实现双输出驱动,在直线行驶时一般提供相等的驱动转矩。同时根据输出转矩的需求,可以调节第二组液压泵/马达22和第三组液压泵/马达23的转速及转矩。另外发动机3可以通过第一组液压泵/马达21对液压蓄能器储存能量,或对车辆其他用电设备用电,而第一组液压泵/马达21可以通过转速调节控制发动机的工作点,提高发动机的工作效率。随着前后输出轴转速的增加,第一离合器7闭合,同时第二离合器8断开,切换到工作模式二,在工作模式二下,可以实现高速行驶。两种工作模式的切换条件为,当需要从模式一切换到模式二时,第二组液压泵/马达22的转速为零,同时一起操纵第一离合器7和第二离合器8,可以实现模式的平稳切换。在工作模式二下,实现混合动力高速行驶,此时发动机、三个液压泵/马达协调工作,根据输出转速及转矩调节各自转速转矩,第一组液压泵/马达21已经可以通过调节自身转速控制发动机的工作区间。

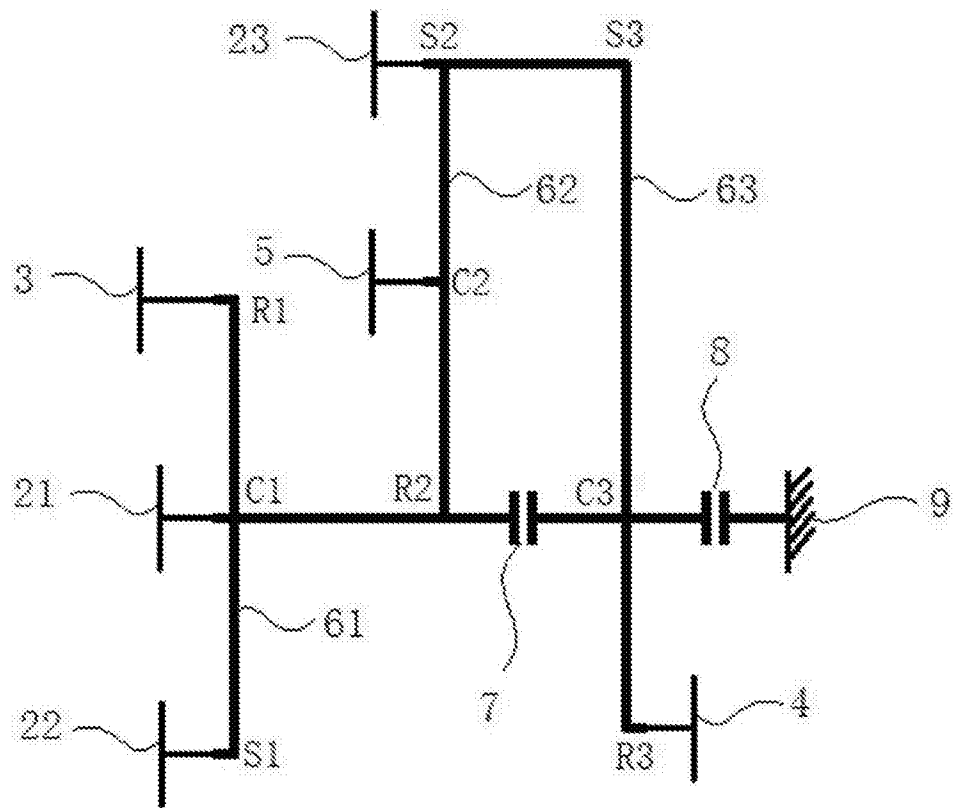
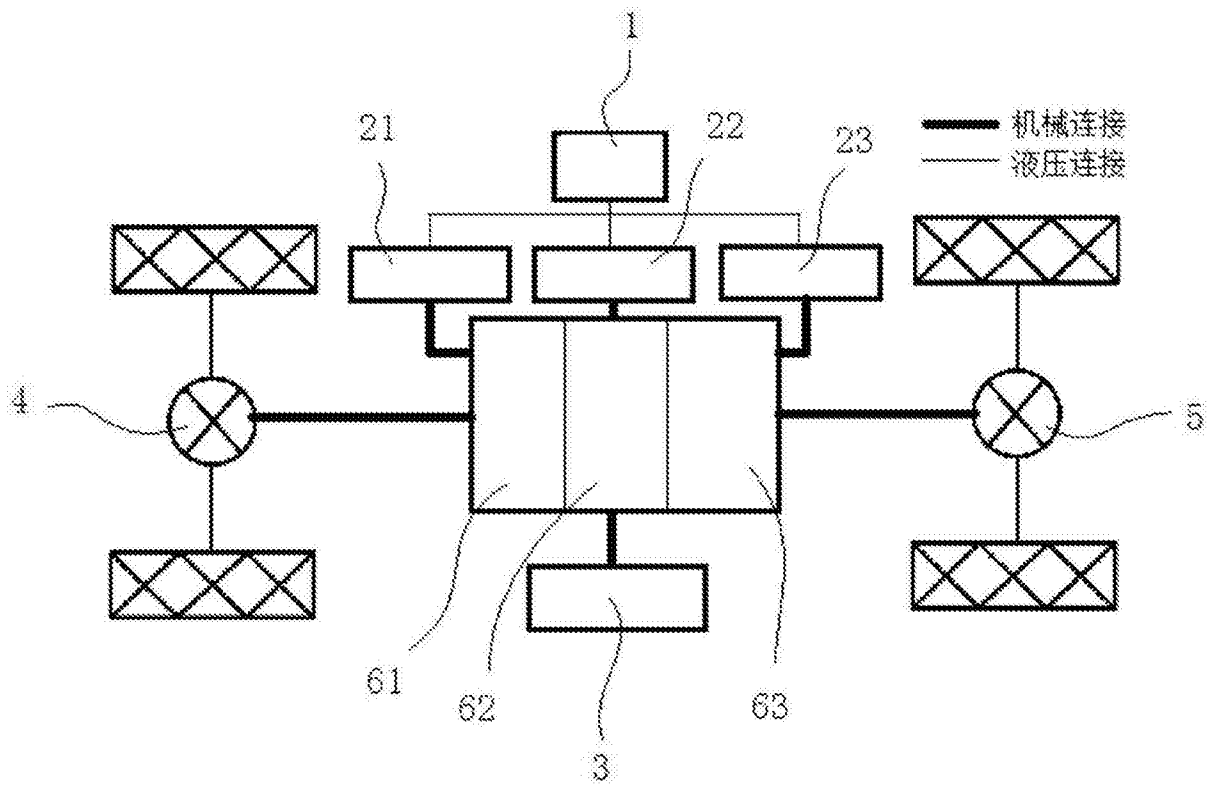
[0059] 进一步地,当其中一组所述液压泵/马达的转速为0时,对应于该组所述液压泵/马达的输入、输出传动比为0.5~1时,适合高速巡航工况;对应于该组所述液压泵/马达的输入、输出传动比为1.5~4时,适合低速启动工况。

[0060] 在倒挡行驶时,采用第一离合器7闭合,同时第二离合器8断开的模式二,此时所述发动机处于工作或不工作状态均可,通过调节第一组液压泵/马达和第三组液压泵/马达的转速及转矩实现倒退功能。同时调整发动机和第一组液压泵/马达21的转速及转矩,以实现更高的功率需求,另外可以通过调整第一组液压泵/马达21的转速实现发动机不工作下的纯液压能倒车行驶。

[0061] 纯液压驱动:在工作模式一或者工作模式二下,通过控制第二组液压泵/马达22和第三组液压泵/马达23的输出转矩大小实现前、后输出轴驱动转矩,通过控制转速实现速度大小控制,同时调整发动机3和第一组液压泵/马达21的转速,使得发动机转速稳定在零或允许转速空转,实现无发动机参与的纯液压能行驶。同时可以通过控制第一组液压泵/马达21,实现发动机的启动过程。

[0062] 制动能量回收的实现:在制动过程中,发动机3不再提供转矩,转速逐渐减少为0,以工作模式一为例,制动时,由于第三组液压泵/马达23和第二组液压泵/马达22分别与前输出、后输出轴相互耦合,第三组液压泵/马达23和第二组液压泵/马达22会将制动产生的机械能转化为液压能储存在蓄能器1中,同时第一组液压泵/马达21会调整输出转矩以满足转矩需求,同时调整转速保证发动机3转速不增加,从而实现制动能量的回收。

[0063] 以上所述,主要是以液压驱动为例讲述本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。



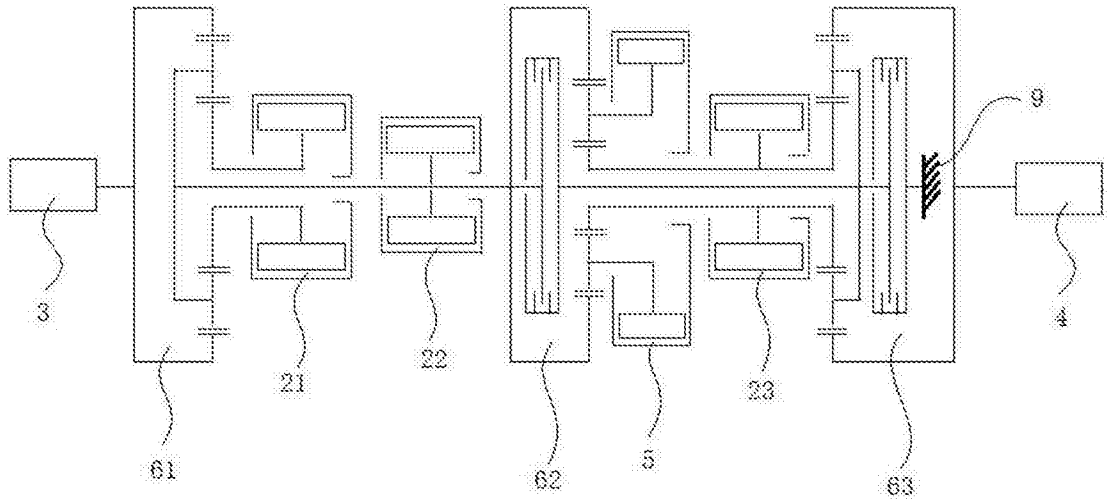


图3