

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510085775.4

[51] Int. Cl.

B60K 6/02 (2006.01)

F16H 61/32 (2006.01)

[43] 公开日 2006年4月12日

[11] 公开号 CN 1757533A

[22] 申请日 2005.8.9

[21] 申请号 200510085775.4

[30] 优先权

[32] 2004.8.13 [33] CN [31] 200410026395.9

[71] 申请人 段志辉

地址 710038 陕西省西安市纺织城测绘院

[72] 发明人 段志辉 章玲玲

[74] 专利代理机构 西安文盛专利代理有限公司

代理人 陈小霞

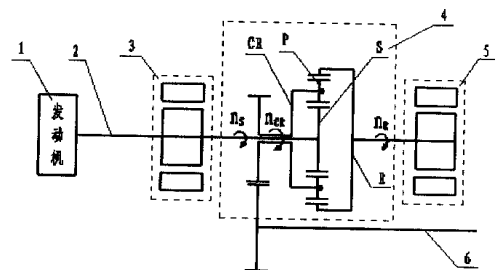
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 5 页

## [54] 发明名称

用于汽车机电混合驱动系统的周转轮系机电合力驱动机构

## [57] 摘要

本发明是一种用于汽车机电混合驱动系统的周转轮系机电合力驱动机构。它具有一个发动机、一个启动电机、一个驱动电机和一个周转轮系，所述的周转轮系至少由第一太阳轮 S、第二太阳轮 R 和行星轮 P 及行星架 CR 组成，第一太阳轮的转轴与发动机轴相联，同时启动电机转轴也与发动机轴相联，第二太阳轮的转轴与驱动电机的转轴相联，行星架的转轴通过齿轮传动与车轮的驱动轴相联。由于发动机、启动电机和驱动电机三个动力源与周转轮系输入、输出力矩关系的改变，使发动机和驱动电机输出的力矩全部用于驱动车辆，克服了已有技术中发动机输出力矩被一分为二的缺点，因此，它可以在不增加发动机和驱动电机功率的情况下提高系统的驱动性能。



1、一种用于汽车机电混合驱动系统的周转轮系机电合力驱动机构，它具有一个发动机（1）、一个启动电机（3）、一个驱动电机（5）和一个周转轮系（4），所述的周转轮系至少由第一太阳轮（S）、第二太阳轮（R）和行星轮（P）及行星架（CR）组成，所述的行星轮与第一太阳轮和第二太阳轮啮合，并且所述第一太阳轮和第二太阳轮及行星架的转轴在同一轴线上，其特征是：所述第一太阳轮（S）的转轴作为周转轮系（4）的第一力矩输入轴与发动机轴（2）相联，同时启动电机（3）的转轴也与发动机轴（2）相联，所述第二太阳轮（R）的转轴作为周转轮系（4）的第二力矩输入轴与驱动电机（5）的转轴相联，或者所述周转轮系（4）的第一力矩输入轴与驱动电机（5）的转轴相联，其第二力矩输入轴与发动机轴（2）相联，同时启动电机（3）的转轴也与发动机轴（2）相联，所述行星架（CR）的转轴作为周转轮系（4）的力矩输出轴通过齿轮传动与车轮的驱动轴（6）相联。

2、根据权利要求1所述的用于汽车机电混合驱动系统的周转轮系机电合力驱动机构，其特征是：在所述的发动机轴（2）上设有一个单向离合器或自动制动器（9），用于制止发动机倒转。

3、根据权利要求1或2所述的用于汽车机电混合驱动系统的周转轮系机电合力驱动机构，其特征是：在所述的周转轮系（4）中设有一个离合器（7），用于将第一太阳轮（S）、第二太阳轮（R）及行星架（CR）锁在一起，使它们以同一速度转动。

4、根据权利要求1或2所述的用于汽车机电混合驱动系统的周转轮系机电合力驱动机构，其特征是：在该机电合力驱动机构中设有一个机械换向器（8），用于改变所述车轮驱动轴的转动方向。

5、根据权利要求3所述的用于汽车机电混合驱动系统的周转轮系机电合力驱动机构，其特征是：在该机电合力驱动机构中设有一个机械换向器（8），用于改变所述车轮驱动轴的转动方向。

## 用于汽车机电混合驱动系统的周转轮系机电合力驱动机构

### 所属技术领域

本发明涉及一种汽车机电混合驱动系统，具体地说，它是一种用于汽车机电混合驱动系统的周转轮系机电合力驱动机构，适用于大、小客车、越野车和轻型卡车。

### 背景技术

现有普通汽车的驱动是靠发动机将燃油的化学能量转变成机械能量，再通过传动机构传递到车轮轴上，从而转动车轮来驱动车辆的。车辆在行驶过程中对功率的需求是很不均匀的，例如：加速和爬坡时，对功率需求大，而在平地匀速行驶时，则对功率的需求小，一般来说，大功率需求持续的时间短，小功率持续的时间长。为了满足车辆在加速和爬坡时对大功率的需求，普通汽车必须配置大功率发动机。然而发动机的功率越大，消耗的能量就越多，既使在汽车匀速行驶而需要小功率时，它消耗的能量仍较多，这就造成了能量浪费；再者，在车辆减速时，车辆的动能还转换成热能而释放掉，也造成了较大的能量耗损，因此，费油是普通汽车的缺点。

为了解决上述普通汽车的费油问题，人们开始研制机电混合驱动系统，其设计思路是：在汽车匀速行驶而需要小功率时，用与其功率相匹配的小功率发动机驱动车辆，而在汽车加速或者爬坡需要大功率时，用蓄电池的电能驱动电机，产生辅助力矩，协助发动机驱动车辆；而在车辆减速时，又用电机提供减速力矩，同时，利用车轮给电机的动能发电而存入蓄电池，从而降低车辆的能量损耗，提高其能量利用率，最终达到节省燃油的目的。

例如：美国专利 5,643,119 提供了一种汽车机电混合驱动系统（参见该专利的附图 1），它的机电混合驱动机构包括一个发动机、一个启动电机、一个驱动电机和一个周转轮系，所述的周转轮系由第一太阳轮 S（以下简称中心轮）、第二太阳轮 R（以下简称外环轮）、行星轮 P 和行星架 CR 组成，其中行星轮与中心轮和外环轮啮合，并且中心轮和外环轮及行星架的转轴在同一轴线上，其中

行星架 CR 的转轴作为该周转轮系的一个力矩输入轴与发动机轴相联，中心轮 S 的转轴作为该周转轮系的另一个力矩输入轴与启动电机的转轴相联，外环轮 R 的转轴作为该周转轮系的力矩输出轴通过齿轮传动与车轮的驱动轴 36 相联，所述的驱动电机通过齿轮转动与车轮的驱动轴 36 相联。该专利中周转轮系三个转轴的力矩有如下关系：

$$\begin{cases} T_{CR} = T_S + T_R \\ \frac{T_S}{Z_S} = \frac{T_R}{Z_R} \end{cases} \quad (1)$$

$$n_S \cdot Z_S + n_R \cdot Z_R = n_{CR} \cdot (Z_S + Z_R) \cdots \cdots (2)$$

式中  $T_S$  表示启动电机输入到中心轮轴上的力矩， $n_S$  表示中心轮轴的转速， $T_R$  表示外环轮输出的力矩， $n_R$  表示外环轮轴的转速， $T_{CR}$  表示发动机输入到行星架 CR 的力矩， $n_{CR}$  表示行星架轴的转速，其中  $Z_S$ 、 $Z_R$  分别是中心轮和外环轮的齿数。

车辆启动时，启动电机工作（电动状态），输出力矩传递到中心轮 S 上，并在外环轮 R 的配合下转动行星架 CR 而启动发动机，当发动机启动后，发动机输出力矩驱动行星架转动，并通过行星轮传递到中心轮 S 和外环轮 R 上，其力矩被一分为二，该力矩的分配比例由中心轮和外环轮的齿数确定，一般将大约 80% 的力矩  $T_R$  分配给外环轮轴，而剩余的 20% 力矩  $T_S$  分配给中心轮轴，分配给外环轮轴的力矩通过齿轮传动机构传递到车轮的驱动轴 36 上驱动车辆前进；而分配给中心轮轴的力矩驱动启动电机的转子转动，使启动电机发电；在发动机启动的同时，驱动电机工作（电动状态），它输出的力矩通过齿轮传动机构也传递到车轮的驱动轴 36 上，从而实现发动机与驱动电机合力驱动车辆。匀速行驶时，驱动电机可受控空载运行或关闭，由发动机输出的力矩单独驱动车辆；车辆刹车减速时，先关闭发动机，再控制驱动电机输出反向力矩传递到驱动轴上，使车辆减速，同时驱动电机又将所吸收的车辆动能转换成电能（发电状态），并通过逆变器（交变直）存入蓄电池，回收能量。

与上述美国专利结构和工作原理相似的还有美国专利 5,904,631。

已有美国专利存在的问题是：

一、发动机输出的力矩被一分为二，只有约百分之八十的力矩用来驱动车

辆，该驱动力矩的分裂使得发动机传递到驱动轴上推力减小，加速能力下降。若要保证车辆的加速性能，必须相应加大发动机的功率，或者加大驱动电机的功率，结果是增加了系统的成本、体积和重量。

二、通过公式(1)可以看出，当启动电机输入到中心轮上的力矩  $T_S$  为零时，外环轮输出的力矩  $T_R$  (驱动力矩) 也为零，因此，该周转轮系在工作时，为使发动机输出的力矩  $T_{CR}$  传递到外环轮上去驱动车辆，启动电机一定要向周轮系输入一个力矩给中心轮，从而保证上述力矩的传递，因此，启动电机的功率要按照所需输入周轮系的力矩来确定，而不能按照发动机所需的启动功率来确定，往往该输入力矩所需的功率比发动机所需的启动功率大得多，结果是又增大了启动电机的功率，再一次增加了系统的成本、体积和重量。

### 发明内容

本发明的目的是为了克服已有技术中的缺点，提供一种改进的用于汽车机电混合驱动系统的周转轮系机电合力驱动机构，使它能在成本、积体和重量均不增加的条件达到更好驱动性能，或者在保持原驱动性能不变的条件下，降低系统的制造成本、体积和重量。

为实现上述目的，本发明的解决方案如下：

它具有一个发动机、一个启动电机、一个驱动电机和一个周转轮系，所述的周转轮系至少由第一太阳轮、第二太阳轮和行星轮及行星架组成，所述的行星轮与第一太阳轮和第二太阳轮啮合，并且所述第一太阳轮和第二太阳轮及行星架的转轴在同一轴线上，其改进点是：所述第一太阳轮的转轴作为周转轮系的一个力矩输入轴与发动机轴相联，同时启动电机的转轴也与发动机轴相联，所述第二太阳轮的转轴作为周转轮系的第二力矩输入轴与驱动电机的转轴相联，或者所述周转轮系的第一力矩输入轴与驱动电机的转轴相联，其第二力矩输入轴与发动机轴相联，同时启动电机(3)的转轴也与发动机轴(2)相联，所述行星架的转轴作为周转轮系的力矩输出轴通过齿轮传动与车轮的驱动轴相联。

本发明进一步的改进方案是：

在上述的发动机轴上设有一个单向离合器或自动制动器，用于制止发动机

倒转。

在上述的周转轮系中设有一个离合器，用于将第一太阳轮、第二太阳轮及行星架锁在一起，使它们以同一速度转动。

在上述的周转轮系机电合力驱动机构中设有一个机械换向器，用于改变所述车轮驱动轴的转动方向。

本发明与已有技术相比具有以下特点：

一、通过上述解决方案可以看出，虽然本发明周转轮系的结构与已有技术相同，且三个转轴的力矩关系仍符合公式（1），但由于输入、输出力矩关系的改变，发动机输入到中心轮轴上的力矩  $T_S$  与驱动电机输入到外环轮轴上的力矩  $T_R$  之和等于行星架轴输出的驱动力矩  $T_{CR}$ ，因此，发动机输出的力矩完全用于驱动车辆，克服了已有技术中发动机输出的力矩被一分为二的缺点，所以，本机构可以在不增加发动机和驱动电机功率的情况下提高系统的驱动性能，或者在保持原有驱动性能不变的条件下，可以减小发动机和驱动电机的原有功率，从而降低系统的制造成本、体积和重量。

二、通过上述改进后，周转轮系的力矩输出轴到车轮驱动轴之间的齿轮传动机构也被简化，从而可进一步降低系统成本、体积和重量。

三、本发明进一步的改进方案可以使本系统的驱动性能更为理想和简化系统控制，其中第一个改进方案可以通过单向离合器和自动制动器向周转轮系的第一或第二力矩输入轴输入一个固定的力矩，从而简化系统控制。第二个改进方案可以实现在车辆匀速行驶时用发动机直接驱动车辆，从而提高了系统的传动效率。第三个改进方案可以用机械换向器来实现倒车，使系统控制简化。

#### 附图说明

图 1、本发明的结构原理图之一。

图 2、周转轮系的结构示意图之二。

图 3、周转轮系的结构示意图之三。

图 4、周转轮系的结构示意图之四。

图 5、系统控制原理方框图。

图 6、本发明的结构原理图之二。

图 7、本发明的结构原理图之三。

图 8、本发明的结构原理图之四。

图 9、本发明的结构原理图之五。

图 10、换向器集成到周转轮系中的结构示意图。

### 具体实施方式

下面根据实施例说明本发明的结构及工作原理。

#### 实施例 1

参见图 1，本例由发动机 1、启动电机 3、驱动电机 5 和周转轮系 4 组成，其中周转轮系 4 至少由第一太阳轮（以下称中心轮）S、第二太阳轮（以下称外环轮）R 和行星轮 P 及行星架 CR 组成，所述的行星轮 P 与中心轮 S 和外环轮 R 啮合，并且中心轮 S、外环轮 R 和行星架 CR 的转轴在同一轴线上，中心轮 S 的转轴作为周转轮系 4 的第一力矩输入轴与启动电机 3 的转轴的一端相联，而启动电机 3 的转轴的另一端与发动机轴 2 相联，所述外环轮 R 的转轴作为周转轮系 4 的第二力矩输入轴与驱动电机 5 的转轴相联，所述行星架 CR 的转轴作为力矩输出轴通过齿轮传动与车轮的驱动轴 6 相联。图中各箭头方向表示周转轮系 4 的三个转轴力矩及转速的正方向。所述的周转轮系 4 还可以由现有的类似结构代替，如图 2、图 3、图 4 中的结构等。在这些系统中，发动机 1 和启动电机 3 与驱动电机 5 的位置可以互换，如图 9 所示，驱动电机 5 的转轴与周转轮系 4 的第一力矩输入轴相联，启动电机 3 的转轴的一端与周转轮系 4 的第二力矩输入轴相联，而启动电机 3 的转轴的另一端与发动机轴 2 相联，其作用原理与图 1 是相同的。

周转轮系 4 三个转轴的力矩关系仍符合前述的公式 (1)，但由于该周转轮系与三个动力源的连接发生变化，故使其输入、输出的力矩关系也发生了本质的变化。根据公式 (1) 可以看出，当发动机（或启动电机）和驱动电机都向该周转轮系输入正向力矩或反向力矩时（即  $T_S$ 、 $T_R$  不等于零、且方向一致），该周转轮系输出正向或反向的驱动力矩  $T_{CR}$ ，且  $T_{CR}=T_S+T_R$ ，该特性可以用于发

动机和驱动电机合力驱动车辆前进或倒退；而当发动机（或启动电机）和驱动电机中的某一个动力源向周转轮系输入的力矩为零时，也就是说  $T_S$  为零或  $T_R$  为零，则该周转轮系的输出力矩  $T_{CR}$  也为零，用此特性可在停车时或行进间启动发动机。

参见图 5，本机构适用于汽车机电混合驱动系统，图中给出本机构用在某个现有汽车机电混合驱动系统的方框图结构。其中启动电机和驱动电机均可以采用现有的交流感应电机或其他电机，为了便于理解，下面以交流感应电机为例说明其工作原理。交流感应电机具有这样的特性，当定子绕组旋转磁场的转速高于转子转速时，电机呈电动状态，反之，电机则呈发电状态，同时，在一定的范围内所述定子绕组旋转磁场的转速与转子转速的差别（简称速差）越大，其输出扭矩越大，如果差速为零，其输出扭矩也为零，并且系统可以通过控制电机的供电频率来改变定子绕组旋转磁场的转速，从而改变电机的状态（电动或发电）及速差。电机为电动状态、并输出相应的正向扭矩时，可以驱动车辆和启动发动机；而电机为发电状态、并输出相应反向扭矩时，可以制动车辆和为蓄电池充电。该机电混合驱动系统可以完成以下功能：

- 1、在停车时或行进间启动发动机；
- 2、发动机与电机合力驱动车辆；
- 3、电力单独驱动车辆；
- 4、发动机单独驱动车辆长时间匀速行驶，而不用电力；
- 5、刹车时将车辆的动能转换成电能存入蓄电池；
- 6、停车时发电。

具体工作过程如下：

模式 1——停车时启动发动机：

当驾驶员启动车辆时，电机控制器 A 根据启动传感器给出的信号，为启动电机 3 供电，并控制其供电频率从零逐渐增加，则启动电机 3 呈电动状态，并输出正向力矩，这时，驱动电机 5 为停止状态，使其输入周转轮系的力矩  $T_R$  为零，则根据公式 (1)，启动电机向周转轮系输入的力矩  $T_S$  也为零，因此，启动电机 3 输出的正向力矩都作用在发动机轴 2 上而启动发动机 1，当转速达到



启动速度时，发动机 1 开始工作。

### 模式 2——发动机和驱动电机合力驱动：

在车辆挂前进档且发动机 1 转动的情况下，如果驾驶员踩动油门，发动机 1 输出力矩  $T_S$  作用在太阳轮 S 上，同时，电机控制器 B 根据油门传感器给出的加速信号控制驱动电机 5 输出适当的正向力矩  $T_R$  作用在外环轮 R 上，根据公式 (1)，发动机和驱动电机输出的力矩之和作用在行星架 CR 上，则行星架轴输出推进力矩  $T_{CR}$ ，驱动车辆前进。在这个过程中，油门的大小决定了发动机轴 2 的转速，从而决定了中心轮轴 S 的转速  $n_S$ ；行星架 CR 的转速  $n_{CR}$  由车辆速度决定；电机控制器 B 根据公式 (2) 控制驱动电机 5 的转速，使外环轮轴的转速  $n_R$  满足公式 (2)。驱动电机 5 的转速可以是正向的，也可以是反向的，但输出的力矩总是正向的。驱动电机 5 的转速可以连续变化，从而实现连续变化的系统传动比 ( $n_S: n_{CR}$ )。

### 模式 3——匀速行驶：

车辆进入匀速行驶状态后，车辆对推进力矩的要求大幅度减小，发动机 1 产生的功率足以维持车辆的速度，不需要继续使用电池内储存的能量。这时，启动电机 3 用发动机轴 2 传递的能量发电，进入发电状态，驱动电机 5 使用启动电机产生的电能，维持作用在外环轮上的力矩。这样，车辆可在不需要消耗蓄电池内能量的情况下长时间运行，蓄电池不会耗尽，还能利用多余的电能充电。

### 模式 4——纯电启动、驱动车辆和行进间启动发电机：

当驾驶员直接踩油门启动车辆时，发动机 1 是关闭的，其轴 2 速度为零，太阳轮的转速  $n_S$  为零，这时，电机控制器 A 控制启动电机 3 输出一定的正向力矩，相当于抓住轴 2 不使其转动一样，该力矩一方面作用在太阳轮 S 上，另一方面作用在发动机转轴 2 上，制止其倒转，与此同时，电机控制器 B 控制驱动电机 5 输出推进力矩，作用在外环轮 R 上，这时，启动电机 3 和驱动电机 5 输出的力矩之和作用在行星架 CR 上，输出推进力矩  $T_{CR}$  驱动车辆前进，这时启

动电机输出力矩限制发动机倒转，而驱动电机输出力矩用于驱动车辆，从而实现纯电驱动。

当车辆纯电启动后，行进间需要启动发动机 1 时（如：通过驱动电机的转速传感器测得车速达到某一速度时），电机控制器 B 首先控制驱动电机低负载或空载运行（即减小电机速差或降为零），使驱动电机向外环轮 R 输入的力矩  $T_R$  很小或为零，根据上述公式（1），则行星架轴输出的力矩  $T_{CR}$  也随之下降到很小或为零（由于启动发动机所需的时间很短，不超过 0.5 秒，因此可以忽略车辆速度的变化，即可以认为  $n_{CR}$  维持原速不变），然后再控制启动电机 3 继续输出正向力矩，则该力矩主要作用在发动机轴 2 上，使其转动，当其转速达到发动机的启动速度时，发动机 1 启动，当发动机启动后，电机控制器 B 再控制驱动电机 5 恢复输出力矩，则发动机 1 与驱动电机 5 一起合力驱动车辆。

#### 模式 5——刹车减速

当车辆需要减速时，即驾驶员踩下刹车踏板，电机控制器 B 根据刹车传感器给出的信号控制发动机 1 空转运行或关机，不再输出正向力矩，同时，电机控制器 A、B 控制启动电机 3 和驱动电机 5 输出反向力矩，则行星架输出反向力矩，作用在驱动轴上，使车辆减速。当控制启动电机和驱动电机输出反向力矩时，两个电机均呈发电状态（即将车辆的动能转换成电能），它们输出的交流电经过逆变器的逆变（交变直）存入蓄电池。

#### 模式 6——倒车

在发动机关机的情况下倒车：当驾驶员挂倒挡并踩油门倒车时，倒挡传感器给出反向信号，油门加速传感器给出启动信号，则电机控制器 A、B 控制启动电机 3 和驱动电机 5 同时输出反向力矩，根据公式（1），行星架 CR 输出反向力矩，驱动车辆倒车。其中启动电机 3 输出的反向力矩是为了平衡行星轮作用在太阳轮 S 上的力矩，给行星轮以反作用力矩，从而制止发动机转动，驱动电机 5 输出的力矩用来驱动车辆倒车。

在发动机 1 转动的情况下倒车：电机控制器 B 根据倒挡信号先使发动机 1 空载运行，即不输出力矩，然后再由电机控制器 A、B 控制启动电机 3 和驱动电机 5 同时输出反向力矩，则行星架 CR 输出反向力矩，驱动车辆倒车。其中

启动电机 3 输出的反向力矩用于维持太阳轮 S 空转的转速。

### 模式 7——停车发电

在停车状态时，如果蓄电池电平传感器给出需要充电的信号，则如模式 1，系统将在停车状态下启动发动机 1，当发动机 1 启动后，带动启动电机 3 发电，并通过逆变器的变换存入蓄电池。

### 实施例 2

参见图 6，本例是在实施例 1 的基础上，在所述的发动机轴 2 上设有一个单向离合器或自动制动器 9，单向离合器用于防止发动机 1 倒转，但不限制发动机 1 正方向的自由转动，而自动制动器 9 用于抓住发动机轴，不使其转动。该种改进可以简化上述系统模式 4（纯电驱动）和模式 6（倒车）的控制，即在控制过程中启动电机 3 不工作，只需离合器工作或控制自动制动器动作，相当于抓住轴 2，不使其倒转或转动即可。

### 实施例 3

参见图 7，本例是在实施例 1 或 2 的基础上，在外环轮 R 与行星架 CR 之间设有一个离合器 7，其功能是：在车辆进入匀速行驶时，将第二太阳齿轮（外环轮 R）及行星架 CR 锁在一起，使它们以同一速度转动，则发动机 1 输出的力矩能直接传递到驱动轴上，从而提高传动效率。该系统控制过程中的模式 3（匀速行驶）、匀速行驶时的刹车减速与实施例 1、2 不同，其它控制过程相同。即当车辆进入匀速行驶状态后，电机控制器 B 调整驱动电机 5 的转速，使之与行星架 CR 和太阳轮的转速一致，当三个轴的转速达到一致时，控制离合器 7 合上，则发动机 1 直接驱动车辆。匀速行驶时刹车减速，电机控制器 B 先控制发动机空载或关机，然后再控制驱动电机 5 输出反向力矩，该反向力矩直接传递到行星架并作用到驱动轴上，则车辆减速；如果需要，也可同时控制启动电机 3 输出反向力矩，该反向力矩也直接传递到行星架并作用到驱动轴上，合力控制车辆减速。所述的离合器 7 也可以安装在行星架 CR 和太阳轮 S 之间，还可以安装在太阳轮 S 与外环轮 R 之间，其功能不变。

### 实施例 4

参见图 8，本例可以在实施例 1、2 或 3 的基础上在驱动轴 6 上加一个机械换向器 8，通过它可以改变驱动的转动方向，该机械换向器 8 与倒车挡直接机械相联，当挂倒挡时，行星架 CR 仍正向转动，而驱动轴 6 反向转动，实现倒车。本例除倒车模式与上述实施例不同外，其它模式均相同。

再者，图 8 中的机械换向器 8 也可以安装在发动机轴 2 与太阳轮 S 之间。当挂倒档时，发动机轴 2 输出的扭矩经过反向后作用在太阳轮 S 上，驱动其反转，同时，电机控制器 B 控制驱动电机 5 输出反向扭矩作用在外环轮 R 上，则行星架 CR 输出反向扭矩，驱动到车。参见图 10，所述的换向器也可以集成到周转轮系 4 中，方法有多种，这里举一例说明：在周转轮系中增加一个太阳齿轮 S1 和一套行星齿轮 P1，太阳轮 S1 与太阳轮 S 同轴，且与行星轮 P1 啮合，行星轮 P1 与行星轮 P 啮合，且它们的转轴通过轴承固定在环状的行星架 CR 上；另外，在发动机输出轴与太阳轮 S 和太阳轮 S1 之间再增加一个离合器。当挂前进档时，所述的离合器将发动机轴 2 与太阳轮 S 连接，发动机轴 2 正向（顺时针）转动，带动太阳轮 S 正转，太阳轮 S 驱动行星轮 P 倒向（逆时针）转动；当挂倒档时，离合器将发动机轴 2 与太阳轮 S1 连接，发动机轴 2 正向转动，带动太阳轮 S1 正转，太阳轮 S1 驱动行星轮 P1 倒转，而行星轮 P1 又驱动行星轮 P 正转，从而实现了发动机轴 2 输出的反向，起到机械换向器 8 的作用。

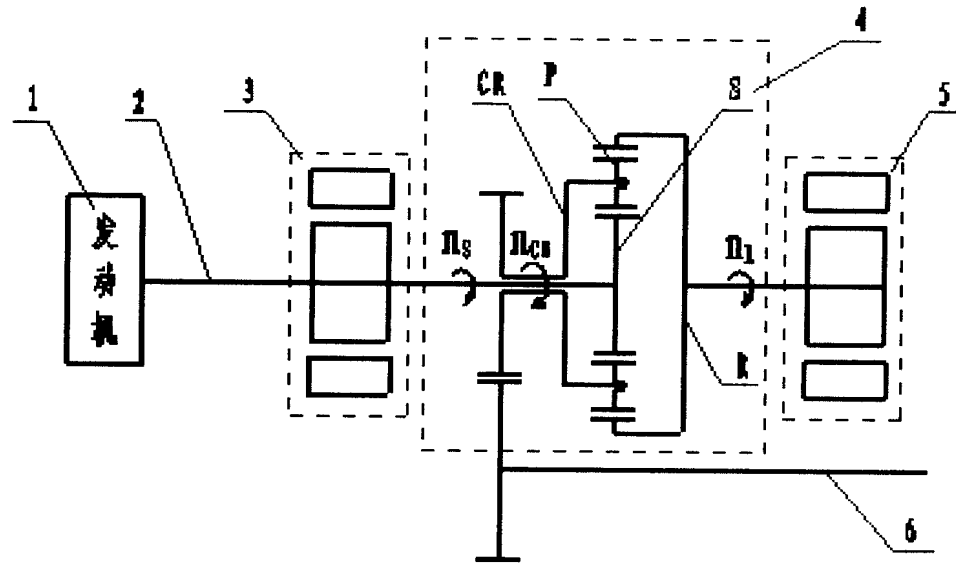


图1

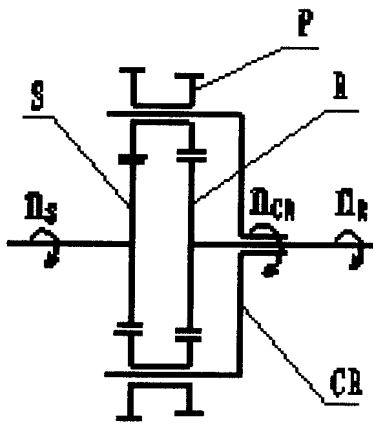


图2

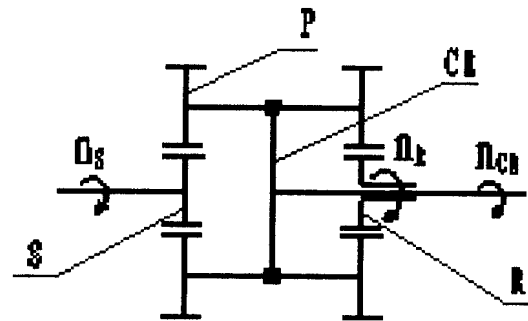


图3

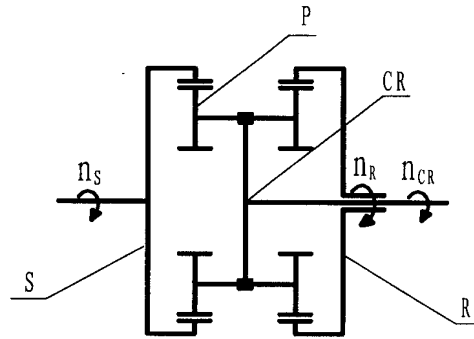


图 4

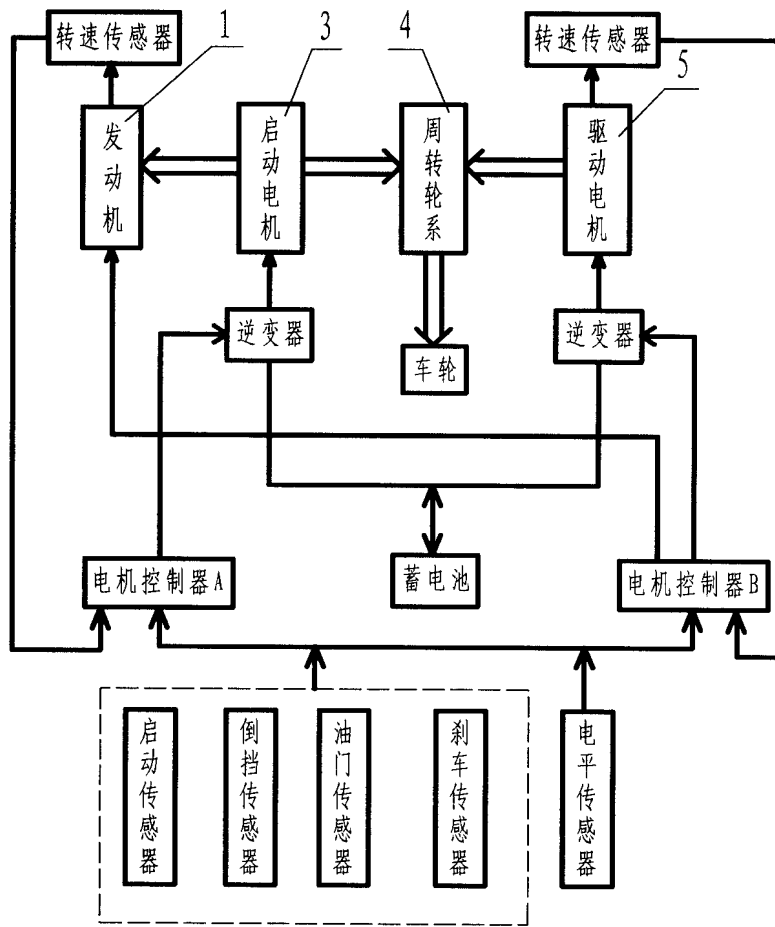


图 5

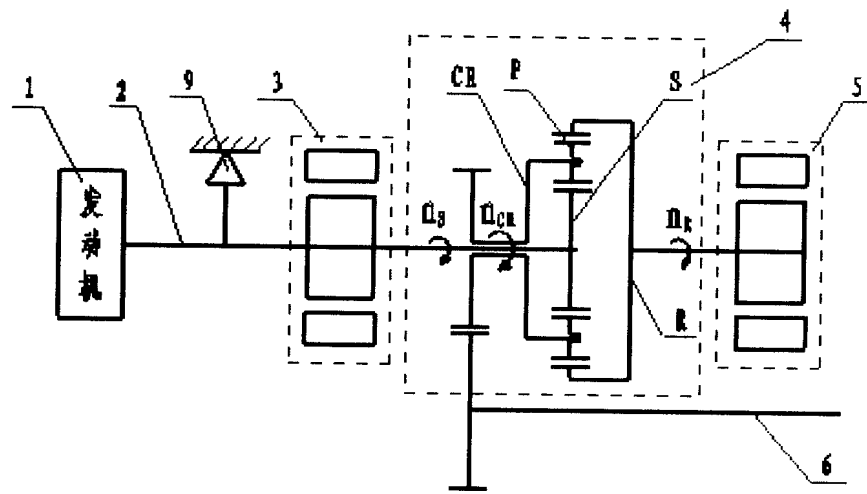


图6

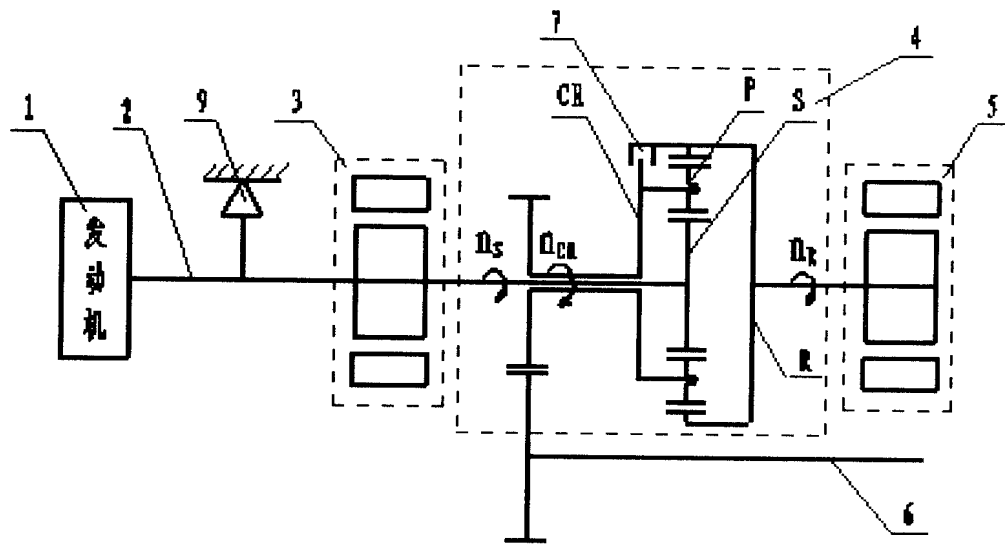


图7

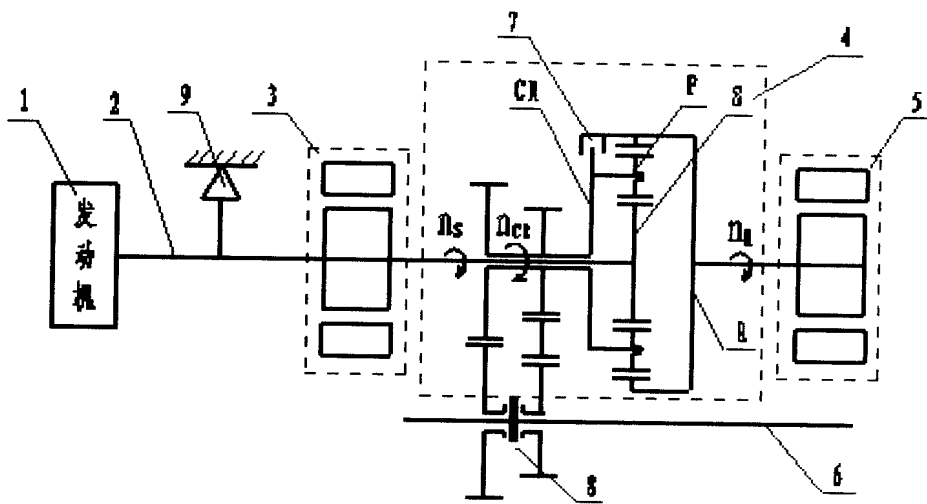


图8

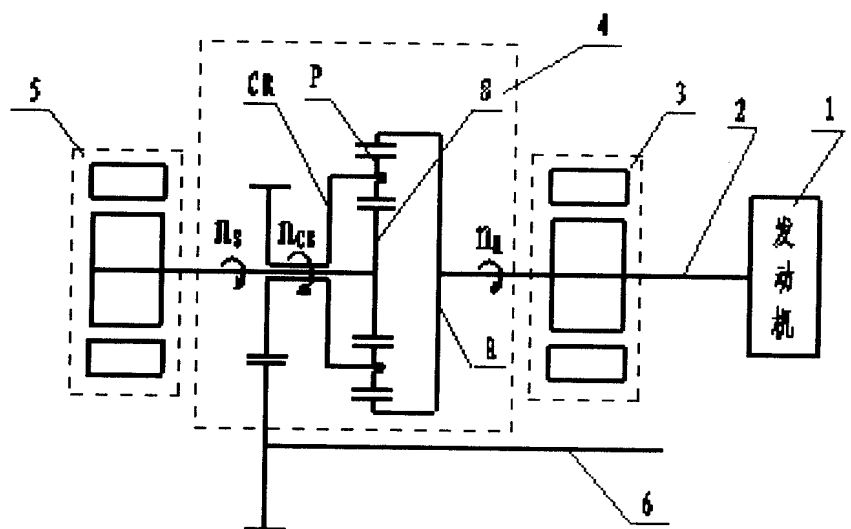


图9



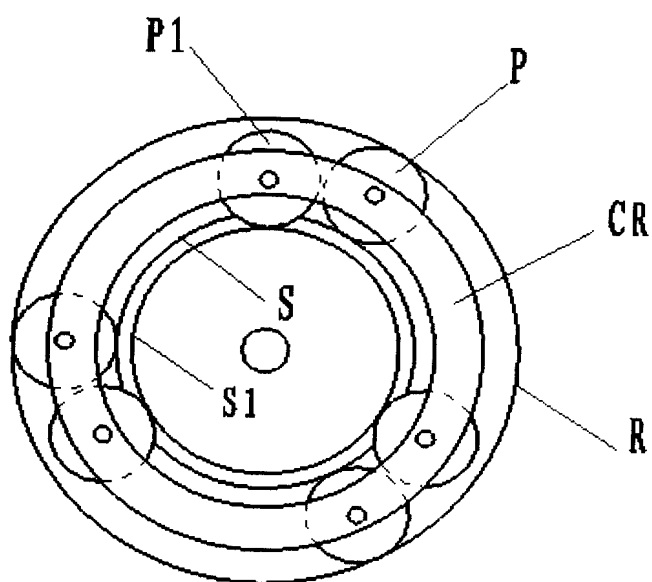


图10