



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102050114 B

(45) 授权公告日 2013. 11. 20

(21) 申请号 201010577293. 1

(22) 申请日 2010. 12. 07

(73) 专利权人 深圳市佳华利道新技术开发有限公司

地址 518000 广东省深圳市南山区平山路红花岭 B 区

(72) 发明人 刘洋成 洛志宏 林淼

(74) 专利代理机构 深圳鼎合诚知识产权代理有限公司 44281

代理人 向武桥

(51) Int. Cl.

B60W 20/00 (2006. 01)

B60W 10/18 (2012. 01)

B60W 10/06 (2006. 01)

B60W 40/08 (2012. 01)

B60W 40/10 (2012. 01)

(56) 对比文件

CN 1895924 A, 2007. 01. 17,

CN 101186211 A, 2008. 05. 28,

CN 1986272 A, 2007. 06. 27,

JP 特开 2006-123657 A, 2006. 05. 18,

审查员 裴京礼

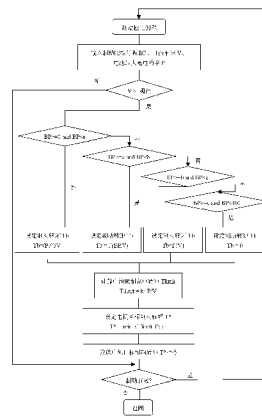
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种混合动力车制动控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种混合动力车制动控制方法, 利用刹车系统和能量回收系统, 包括: 利用车速检测装置检测汽车当前速度; 利用刹车踏板行程检测装置检测刹车踏板行程; 根据当前速度低于启动值不回收制动能量, 否则根据刹车踏板行程按对应行程制动控制需要分配并按分配的制动力矩控制刹车系统和能量回收系统工作。这种控制方法, 按刹车踏板行程分配制动力矩, 使得能量回收系统与原有的刹车系统有机结合成为一整体, 避免了它们之间切换的不协调, 使驾驶者体会到稳定的制动感受和制动效果, 驾驶方便, 行车安全、可靠。



CN 102050114 B

1. 一种混合动力车制动控制方法,其特征在于,利用刹车系统和能量回收系统,包括以下步骤:

利用车速检测装置检测汽车当前速度;

利用刹车踏板行程检测装置检测刹车踏板行程;

根据所述当前速度低于启动值不回收制动能量,否则按所述刹车踏板行程分配并按分配的制动力矩控制刹车系统和能量回收系统工作;

当所述当前速度高于启动值,若  $0\% \leq X\% < a\%$ ,则分配给能量回收系统的恒制动力矩为零或者为模拟发动机拖动工况输出相同的力矩,其中: $X\%$ 是所述刹车踏板行程, $a\%$ 和 $0\%$ 分别是自由行程区上、下限, $0 < a < 100$ ;

当所述当前速度高于启动值,若  $a\% \leq X\% < b\%$ 、则根据所述刹车踏板行程和当前速度分配给能量回收系统恒制动力矩,其中: $X\%$ 是所述刹车踏板行程, $b\%$ 和 $a\%$ 分别是限制行程区上、下限, $0 < a < b < 100$ ;

当所述当前速度高于启动值,若  $b\% \leq X\% < c\%$ ,则根据所述当前速度分配给能量回收系统变制动力矩,其中: $X\%$ 是所述刹车踏板行程, $c\%$ 和 $b\%$ 分别是强阻行程区上、下限, $0 < b < c < 100$ ;

当所述当前速度高于启动值,若  $c\% \leq X\% \leq 100\%$ ,则分配给能量回收系统的制动力矩为零,其中: $X\%$ 是所述刹车踏板行程, $100\%$ 和 $c\%$ 分别是禁止行程区上、下限, $0 < c < 100$ 。

2. 根据权利要求1所述制动控制方法,其特征在于,还包括根据混合动力车上电池的片上系统获知电池最大充电功率,分配给能量回收系统的所述制动力矩小于等于所述最大充电功率除所述当前速度。

3. 根据权利要求1所述制动控制方法,其特征在于,还包括利用刹车系统对发动机保持拖动转速、发动机怠速/停机、发动机排气制动和利用汽车刹车片制动中的一种或一种以上。

4. 根据权利要求1所述制动控制方法,其特征在于,所述混合动力车使用一个或一个以上电动机。

5. 根据权利要求1所述制动控制方法,其特征在于,分配给能量回收系统的所述变制动力矩为保持恒功率输出回收制动能量的力矩。

6. 根据权利要求1所述制动控制方法,其特征在于,还包括一旦防抱死制动系统工作则不回收制动能量,分配给能量回收系统的制动力矩为零。

## 一种混合动力车制动控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及混合动力车,具体涉及一种混合动力车制动控制方法。

### 背景技术

[0002] 混合动力车在行驶制动、减速时,其制动能量可转变为电能,并储存于蓄电池中(称为制动能量回收),以降低燃油消耗。储存于蓄电池中的电能用于车辆启动和加速以降低发动机负荷,从而提高燃油经济性。为了要增加车辆制动、减速时的能量回收量,开发了制动能量回收制动系统。这种制动系统的控制是由原发动机车型的液压制动器与电机(减速、制动时起发电机的作用)的能量回收系统组成。但是目前,能量回收系统与液压制动器切换不协调,使得驾驶者体会到不同的制动感受,同时尽管车辆仍具备全部制动能力,但驾驶者也会感觉这种状况是煞车系统失灵,而且须要调整自身制动动作以适应刹车效果变化,操作相对困难,影响行车安全,这也是目前混合动力车面临的难题。

### 发明内容

[0003] 本发明需要解决的技术问题是,如何提供一种混合动力车制动控制方法,在回收制动能量的基础上使驾驶者体会到稳定的制动感受和制动效果。

[0004] 本发明的技术问题这样解决:构建一种混合动力车制动控制方法,利用刹车系统和能量回收系统,包括以下步骤:利用车速检测装置检测汽车当前速度;利用刹车踏板行程检测装置检测刹车踏板行程;当所述当前速度低于启动值不回收制动能量,由所述刹车系统独立工作;当所述当前速度高于启动值,根据所述刹车踏板行程按对应行程制动控制需要分配并按分配的制动力矩控制刹车系统和能量回收系统工作。

[0005] 按照本发明提供的控制方法,除了能量回收系统额外产生的制动力矩,还有刹车系统产生的制动力矩。

[0006] 按照本发明提供的控制方法,还包括根据混合动力车上电池的片上系统 SOC 获知电池最大充电功率  $P$ ,分配给能量回收系统的所述制动力矩小于等于所述最大充电功率  $P$  除所述当前速度  $V$ 。

[0007] 按照本发明提供的控制方法,制动控制还包括基于制动器的传统方法,如:对发动机保持拖动转速、发动机怠速/停机、发动机排气制动和利用汽车刹车片制动中的一种或一种以上。

[0008] 按照本发明提供的控制方法,所述混合动力车使用一个或一个以上电动机。

[0009] 按照本发明提供的控制方法,具体可以是:(一)自由行程区当所述当前速度高于启动值,根据  $0\% \leq X\% \leq a\%$  按滑行控制需要分配给能量回收系统的恒制动力矩  $T_b$  为零 ( $T_b = 0$ ) 或者为模拟发动机拖动工况输出相同的力矩 ( $T_b = k \cdot \eta \cdot (P_{e'})/V$ ),其中: $X\%$ 是所述刹车踏板行程, $a\%$ 和  $0\%$ 分别是自由行程区上、下限, $0 < a < 100$ , $P_{e'}$ 是模拟发动机拖动消耗的机械功率, $k$ 是车轮上的制动阻力折算到电机制动力矩的换算系数;(二)限制行程区当所述当前速度高于启动值,根据  $a\% \leq X\% \leq b\%$  按依刹车踏板行程非线性快速增加

制动力直至最大值的制动控制需要、根据所述刹车踏板行程 BP 和所述当前速度 V 分配给能量回收系统的恒制动力矩  $T_b = f(BP, V)$ , 其中 :X% 是所述刹车踏板行程, b% 和 a% 分别是限制行程区上、下限,  $0 < a < b < 100$ , f() 是第一给定函数 ; (三) 强阻行程区当所述当前速度高于启动值, 根据  $b\% \leq X\% \leq c\%$  按依刹车踏板行程线性增加制动力的制动控制需要、根据所述当前速度 V 分配给能量回收系统的变制动力矩  $T_b = f(V)$ , 其中 :X% 是所述刹车踏板行程, c% 和 b% 分别是强阻行程区上、下限,  $0 < b < c < 100$ , f() 是第二给定函数 ; 分配给能量回收系统的变制动力矩  $T_b$  优选保持恒功率 P' 输出回收制动能量的力矩 ( $T_b = k \sqrt{P' / V}$ ); (四) 禁止行程区当所述当前速度高于启动值, 根据  $c\% \leq X\% \leq 100\%$  不回收制动能量, 分配给能量回收系统的所述制动力矩  $T_b$  为零 ( $T_b = 0$ ), 其中 :X% 是所述刹车踏板行程, 100% 和 c% 分别是禁止行程区上、下限,  $0 < c < 100$ 。

[0010] 按照本发明提供的控制方法, 还包括一旦防抱死制动 ABS 系统工作则不回收制动能量, 分配给能量回收系统的所述制动力矩为零。

[0011] 本发明提供的混合动力车制动控制方法, 不更改汽车原有的刹车系统, 在刹车踏板上加入行程传感器, 根据刹车采集信号控制电机制动力矩, 与汽车原有的刹车系统一起将制动力之和施加到轮胎, 通过按刹车踏板行程统一分配制动力矩, 使得能量回收系统与原有的刹车系统有机结合成为一整体, 避免了它们之间切换的不协调, 使驾驶者体会到稳定的制动感受和制动效果, 驾驶方便, 行车安全、可靠。

## 附图说明

[0012] 下面结合附图和具体实施例进一步对本发明进行详细说明 : 图 1 是本发明具体实施例单电机混合电力车结构示意图 ; 图 2 是本发明具体实施例双电机混合电力车结构示意图 ; 图 3 是本发明具体实施例混合电力车制动控制流程示意图 ; 图 4 是本发明具体实施例限制行程区电机输出制动力矩示意图。

## 具体实施方式

[0013] 首先, 说明本发明思路 : 由于电机工作区根据其转速可划分为恒转矩区和恒功率区, 因此电机不能在所有车速下提供相同的制动转矩。为了满足司机对汽车的控制需求, 固定的刹车踏板行程应当对应固定的制动力。同时考虑上述两个条件, 再考虑尽可能多地回收制动能量以及成本安全因素等, 本发明提出根据制动踏板行程以恒转矩及递增转矩两种策略分区分配电机制动力矩的方法。而递增转矩的典型使用例子为恒功率。本发明不更改汽车原有的刹车系统, 在刹车踏板上加入行程传感器, 根据刹车采集信号控制电机制动力矩, 与汽车原有的刹车系统一起将制动力之和施加到轮胎。

[0014] 第二, 说明本发明混合动力车内部动力结构 : (一) 单电机结构如图 1 所示, 该单电机混合电力车由发动机 11、第一离合器、电机 13、第二离合器、变速箱 15、驱动桥 16 和车轮 17 构成, 其中 : 离合器 12 有二个 (只有其中一个离合器 12 的也属于本发明保护范围) ; (二) 双电机结构, 如图 2 所示, 该双电机混合电力车由发动机 11、第一离合器、太阳轮 23、行星架 24、齿圈 25、太阳轮耦合齿轮 26、第一电机、齿圈耦合齿轮 28、第二电机、变速箱 15、驱动桥 16 和车轮 17 构成, 其中 : 电机 13 有二个。

[0015] 第三, 说明本发明具体实施例混合电力车制动控制流程 : 如图 3 所示, 该制动

控制流程具体包括以下步骤：301) 识别驾驶员踩刹车发送给混合动力控制单元，控制单元调用本发明制动控制程序；302) 根据对应传感器信号输入刹车踏板行程 BP 和当前车速 V 并接收电池 SOC 的最大充电功率 P 数据；303) 判断当前车速  $V >$  阈值（又称启动值）？是进入下一步，否则进入步骤 309)；304) 根据刹车踏板行程 BP 按以下四种类型分配能量回收系统的制动力矩：（一）自由行程区： $0 \leq BP \leq a$ （即： $0\% \leq X\% \leq a\%$ ），设定制动力矩  $T_b$ ， $T_b = k \cdot \square(Pe')/V$ ， $Pe'$  是模拟发动机拖动消耗的机械功率，k 是车轮上的制动阻力折算到电机制动力矩的换算系数；（二）限制行程区： $a \leq BP \leq b$ （即： $a\% \leq X\% \leq b\%$ ），设定制动力矩  $T_b$ ， $T_b = f(BP, V)$ ，此第一给定函数  $f()$  函数可以是  $(BP-a)/(b-a) \cdot (T_{emax} - k \cdot \square(Pe')/V) + k \cdot \square(Pe')/V$ ， $Pe'$  是模拟发动机拖动消耗的机械功率，k 是车轮上的制动阻力折算到电机制动力矩的换算系数， $T_{emax}$  是电机最大制动转矩；（三）强阻行程区： $b \leq BP \leq c$ （即： $b\% \leq X\% \leq c\%$ ），设定制动力矩  $T_b$ ， $T_b = f(V)$ ，此第二给定函数  $f()$  函数可以是  $\min(k \cdot \square(P')/V, T_{emax})$ ， $P'$  是恒定输出功率；（四）禁止行程区： $c \leq BP \leq 100$ （即： $c\% \leq X\% \leq 100\%$ ），设定制动力矩  $T_b$ ， $T_b = 0$ ；305) 计算电池限制充电转矩  $T_{limit}$ ， $T_{limit} = k \cdot \square(P)/V$ ；307) 设定电机目标制动转矩  $T^*$ ， $T^* = \min(T_{limit}, T_b)$ ；308) 发送电机目标制动转矩  $T^*$  指令；309) 判断制动是否有效？是返回步骤 301)，否返回错误信息。

[0016] 上述控制流程包括以下关键：一、车速检测装置、刹车踏板行程检测装置及电池 SOC（片上系统 System on Chip）检测装置将检测结果送到混合动力控制单元（HCU）；二、汽车车速极低时（低于某个阈值）刹车，一方面考虑到为保证汽车刹车的安全平稳性，前后轮制动力需平衡分配，不宜将电机的制动力矩再单独增加于其中之一；另一方面，此时电机转速极低，发电效率也很低，甚至可能出现耗电的情况。因此，当汽车在车速低于阈值（试验计算得到）时制动，电机不参与工作，由汽车原有的刹车系统完成；三、当汽车车速高于阈值时，根据刹车踏板行程，刹车执行情况被定义为以下 4 个区域：

区域划分	刹车踏板行程	刹车系统	能量回收系统
自由行程区	0%~a%	不作用	恒阻力
限制行程区	a%~b%	正常作用	恒阻力
强阻行程区	b%~c%	正常作用	变阻力（优选恒功率）
禁止行程区	c%~100%	正常作用，“抱死”	不作用

其中： $0 < a$

$< b < c < 100$ ，原有刹车系统与能量回收系统刹车阻力根据上表同时作用，a、b、c 包括但不限于取（ $a = 10$ 、 $b = 30$ 、 $c = 70$ ）。

[0017] 最后，结合本发明具体实施例在各种行程下的应用进行详细说明：1. 自由行程区在此行程中，汽车处于滑行状态，汽车原有刹车系统不工作。对于单电机混合动力车而言，有两种策略与之对应：策略一，发动机模仿普通车工作于滑行拖动工况（发动机被汽车车速拖动旋转，不耗油或少耗油），电机不工作；策略二，发动机怠速或停机，由电机模拟发动机拖动工况输出相同的制动力矩发电；对于双电机混合动力车而言，也有两种策略对应：策略一，第二电机发电，第一电机电动拖动发动机旋转，第二电机发电功率等于或略大于第一电机电动功率，电池组不充电或以极小电流充电；策略二，发动机怠速或停机，第一电机自由模式或输出 0 转矩（需要保证其转速低于最高转速），第二电机模拟输出发动机拖动时的制动力矩，对电池组充电。

[0018] 2. 限制行程区在此行程中,汽车原有刹车系统根据刹车踏板行程缓慢增加制动力,电机则迅速增加制动力矩直至系统最大值。通过限制电机转矩、功率的策略来确定电机当前输出转矩的确切值。转矩限制值通过刹车踏板行程和电机最大制动力矩决定, $a\%$ 刹车踏板对应电机在此之前输出的制动转矩, $b\%$ 刹车踏板对应电机最大制动力矩,中间值线性对应。限制功率值由电机最大发电功率和电池组最大充电功率共同决定,限制值等于上述两个值中的较小值;例如:如图4所示,横坐标为当前速度 $V$ ,纵坐标为转矩 $T$ ,电机在 $a\%$ 刹车踏板时输出 $100\text{Nm}$ (牛顿·米)制动力矩,其最大制动力矩为 $900\text{Nm}$ ,其特性曲线如图中粗曲线所示,其最大发电功率为 $100\text{kW}$ (千瓦),电池组最大充电功率为 $60\text{kW}$ ,若刹车踏板当前行程为 $(a+b)/2\%$ ,则电机的转矩限制值为 $500\text{Nm}$ ,功率限制值为 $60\text{kW}$ ,如图中细曲线所示;同样,在双电机混合动力系统中,也需对应发动机保持拖动转速或发动机怠速、停机两种策略。发动机怠速或停机的策略可参考上述分析,此时第一电机输出 $0$ 转矩,第二电机制动发电。但是由第一电机拖动发动机转动时的策略则需要调整,此时系统输出的最大制动力矩为第二电机最大制动力矩与第一电机拖动发动机转动的驱动力矩折算值之和,系统输出的最大制动功率为电池最大充电功率与发动机拖动消耗功率之和。

[0019] 3. 强阻行程区在此行程中,汽车原有刹车系统根据刹车踏板行程逐渐增加制动力,电机则保持以递增的制动力矩发电。在特例中,保持恒功率输出模式的制动力矩,以尽可能多地回收制动能量;在混合动力系统中,保持行程除了需要对应发动机保持拖动转速或发动机怠速、停机两种策略外,还需要考虑发动机排气制动时的控制策略。为了减少汽车刹车片的磨损,在此行程中可使发动机工作在排气制动工况,使得发动机输出更大的制动功率,增加了混合动力系统可对汽车施加的制动能力。

[0020] 4. 禁止行程区在此行程中,汽车原有刹车系统根据刹车踏板行程施加的制动力已接近于地面对轮胎的最大摩擦力,为了保证汽车行驶安全,平衡前后轮上施加的制动力,电机应停止输出制动转矩;在整个刹车过程中,一旦出现ABS系统开始工作的情况,电机立刻停止输出制动转矩,即工作于转矩模式,输出转矩为 $0$ 。

[0021] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,凡依本发明权利要求范围所做的均等变化与修饰,皆应属本发明权利要求的涵盖范围。

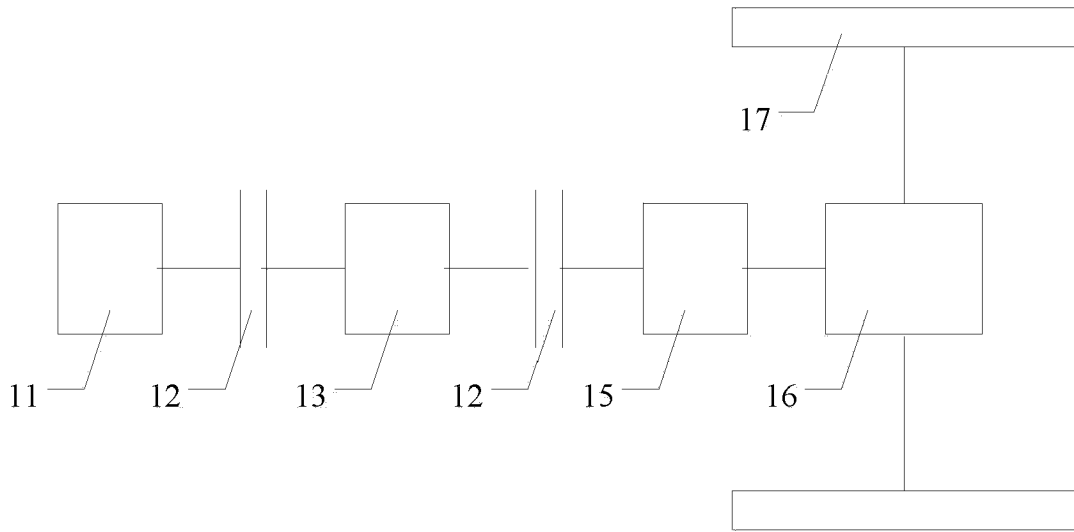


图 1

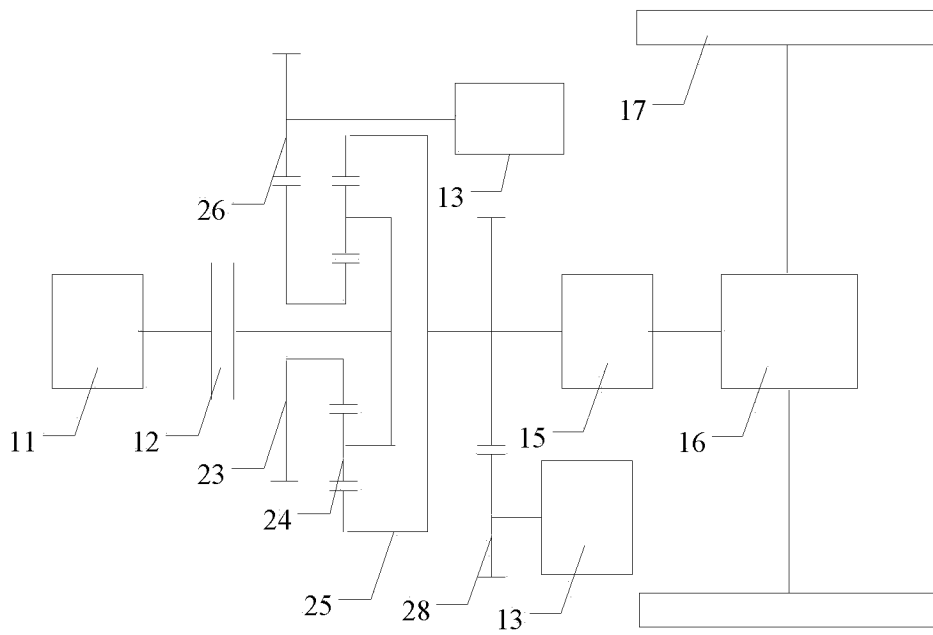


图 2

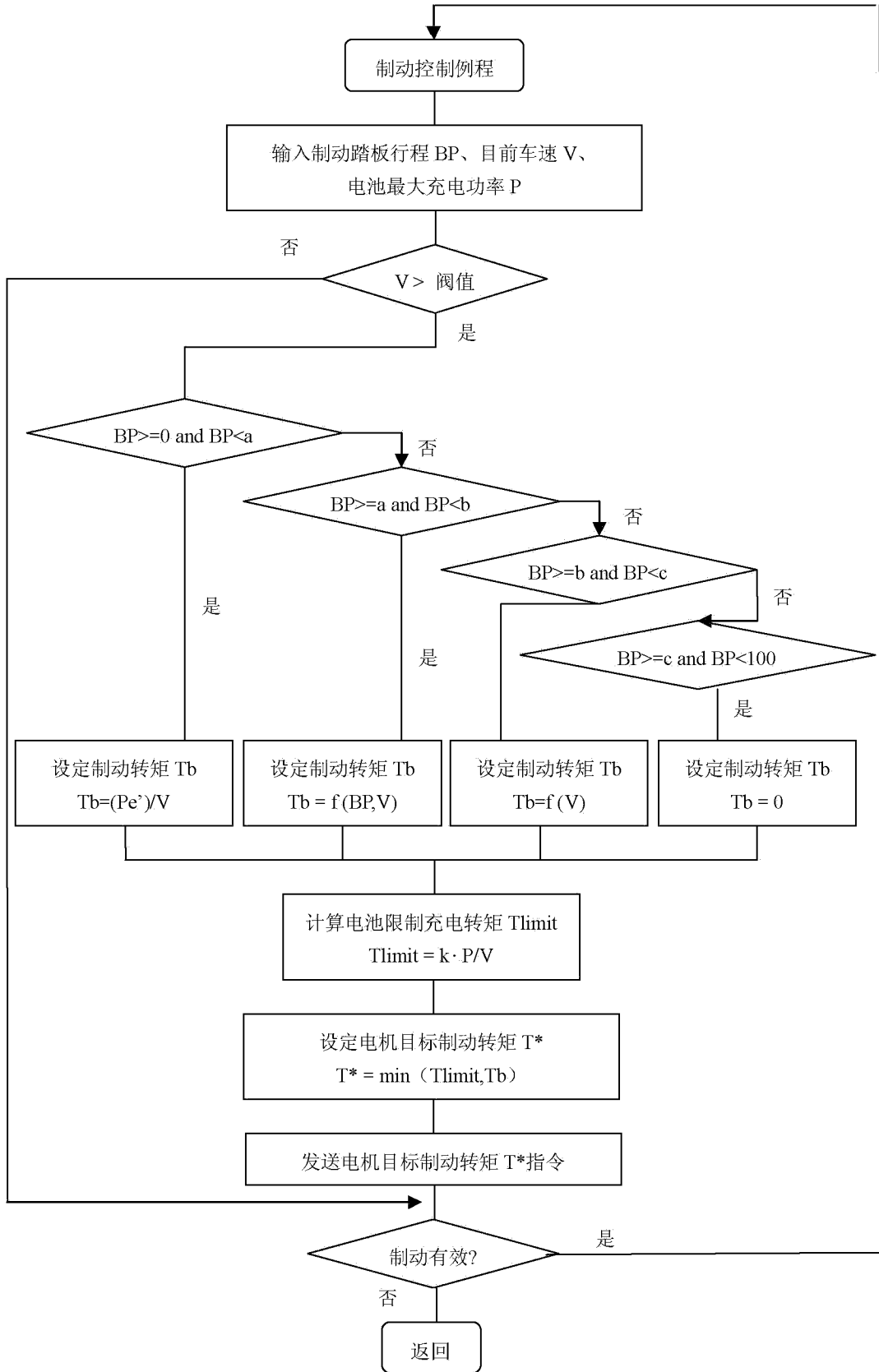


图 3



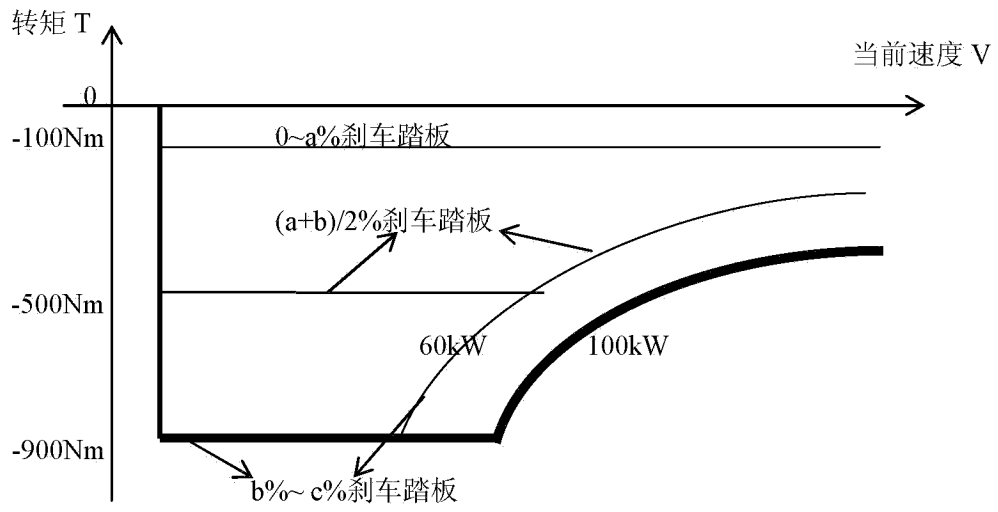


图 4