



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102923128 B

(45) 授权公告日 2015.06.24

(21) 申请号 201210385428.3

审查员 陈桂银

(22) 申请日 2012.10.11

(73) 专利权人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街 2699 号

(72) 发明人 郑宏宇 许文凯 刘宗宇 邓文哲 刘风

(51) Int. Cl.

B60W 30/00(2006.01)

B60W 10/192(2012.01)

B60W 10/08(2006.01)

B60L 7/10(2006.01)

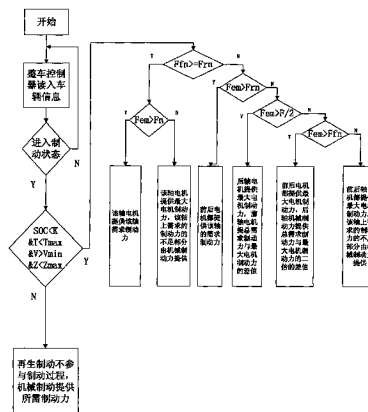
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种四轮轮毂电机独立驱动电动汽车再生制动系统控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种轮毂电机驱动的四轮独立驱动电动汽车再生制动系统的控制方法。该方法基于理想制动力分配,综合考虑电机发电状态下的机械以及发电特性,使四个轮毂电机提供的制动力最大化,从而最大限度地提高能量回收效率。本再生控制方法包括如下步骤:a. 整车控制器接受各项数据参数并计算出当前需求的制动强度和总的制动力;b. 当整车进入制动状态,同时进行步骤c和d;c. 根据理想制动力分配计算出前后轴所需的制动力;d. 判断能否进行再生制动;e. 根据前后轴的需求制动力和车辆行驶状态分配前后轴各自的电机制动力和机械制动力;f. 电机控制器根据要求控制电机进行能量回收。本发明在分配前后轴电机制动力和机械制动力时综合考虑理想制动力分配和电机工作特性,实现电机发电功率最优化,使得制动能量回收最大化。



1. 一种四轮轮毂电机独立驱动电动汽车的再生制动控制方法,该方法包括如下步骤:

- 由整车控制器接收各项数据并判断驾驶员意图,当整车进入制动状态,进入步骤 b;
- 通过整车控制器计算出需求的制动强度和总的需求制动力 F ,并通过制动力分配系统计算出理想制动力分配下的前轴需求制动力 F_f 和后轴需求制动力 F_r 以及当前车速下电机所能提供的最大电机制动力 F_m ,并进入步骤 c;

- 由整车控制器判断是否能够采取再生制动方式进行制动,如果可以,则进入步骤 d;
- 由制动力分配系统分别计算前后轴电机制动力和机械制动力;
- 电机控制器和机械制动控制器接受前后轴电机制动力和机械制动力数据信息,进行再生制动,回收能量。

2. 根据权利要求 1 中所述的再生制动控制方法,其特征在于,所述的步骤 c 中,判断能否进行再生制动时,需要同时进行以下三项评估:

- 整车控制器读入需求的制动强度,当所需求的制动强度小于设定值时,才能进行再生制动,反之则判定整车进行紧急制动,不能进行再生制动;

- 整车控制器读入当前车速,当车速大于设定值时才能进行再生制动,反之则不能进行再生制动;

- 整车控制器读入当前电池放电深度 SOC 和电池温度 T 的值,当电池放电深度 SOC 小于设定值且电池温度小于电池报警温度时才能进行再生制动,反之则不能进行再生制动;

当以上三项评估均判断为能进行再生制动时才进行再生制动,否则不能进行再生制动。

3. 根据权利要求 1 中所述的再生制动控制方法,其特征在于,所述的步骤 d 中,分为两种情况:

情况一:当前轴需求制动力大于或等于后轴需求制动力,则进行以下步骤:

- 若最大电机制动力大于或等于前轴需求制动力,则前轴电机提供前轴需求制动力;
- 若最大电机制动力大于或等于后轴需求制动力,则后轴电机提供后轴需求制动力;
- 若最大电机制动力小于前轴需求制动力,则前轴电机提供最大电机制动力,前轴上需求的制动力的不足部分由机械制动力提供;
- 若最大电机制动力小于后轴需求制动力,则后轴电机提供最大电机制动力,后轴上需求的制动力的不足部分由机械制动力提供;

情况二:当前轴需求制动力小于后轴需求制动力;进行以下步骤:

- 若最大电机制动力大于后轴需求制动力,则前后电机都提供前后轴的需求制动力;
- 若最大电机制动力大于总需求制动力的一半而小于后轴需求制动力,则后轴电机提供最大电机制动力,前轴电机提总需求制动力与最大电机制动力的差值;
- 若最大电机制动力大于前轴制动力而小于总需求制动力的一半,前后电机都提供最大电机制动力,后轴机械制动力提供总需求制动力与最大电机制动力之间差值的二倍;
- 若最大电机制动力小于前轴制动力,则前后轴电机都提供最大电机制动力,前后轴上需求的制动力的不足部分由机械制动力提供。

一种四轮轮毂电机独立驱动电动汽车再生制动系统控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于纯电动汽车技术领域,涉及一种轮毂电机驱动的四轮独立驱动电动汽车再生制动系统的控制方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着石油资源的日益枯竭,以及传统车的排放问题日益凸显,越来越多的人将目光转向了新能源汽车。纯电动汽车作为一种零排放的新能源汽车以其鲜明的优越性得到了长足发展。轮毂电机的应用更让纯电动汽车在操纵性方面有了超越传统车的可能。因此,四轮轮毂电机独立驱动技术也正在受到越来越多的关注与研究。然而,电池技术以及续航里程限制了电动汽车的应用与发展。在此背景下,能够回收制动能量的再生制动技术为提高电动车续航里程提供了新的思路。

[0003] 现有再生制动技术多是对混合动力汽车或是带有传动系统的纯电动汽车,针对四轮轮毂电机独立驱动电动汽车的再生制动技术较少,且在兼顾制动安全性和能量回收效率方面很不完善。例如论文《四轮驱动与前轮驱动电动车的再生制动性能》中对四轮驱动电动汽车分析了三种再生制动控制策略,但都没有能够兼顾制动安全性与电机发电特性且不是基于轮毂电机研究,因而没有实现回收能量最大化;论文《电动汽车制动能量回收系统的研究与实现》中建立的固定比例控制策略使前后轴电机提供制动力相同,没有发挥出轮毂电机四轮驱动的优势;论文《电动轮汽车制动集成控制策略与复合 ABS 控制研究》中提出的控制策略再生制动参与度较低,并且没有综合考虑电机发电特性,能量回收率得不到保证。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对四轮轮毂电机驱动的电动汽车而提出一种综合考虑理想制动力分配和电机工作特性的再生制动系统的控制方法。

[0005] 本发明的目的可通过下列技术方案来实现:一种轮毂电机驱动的四轮独立驱动电动汽车再生制动系统的控制方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

[0006] a. 整车控制器接收制动踏板开度信息并判断驾驶员意图。当整车进入制动状态,进入步骤 b;否则,返回继续检测等待;

[0007] b. 整车控制器计算出需求的制动强度和总的需求制动力 F_n ,制动力分配系统计算出理想制动力分配下的前轴需求制动力 F_{fn} 和后轴需求制动力 F_{rn} 以及当前车速下电机所能提供的最大电机制动力 F_{em} ,并进入步骤 c;

[0008] c. 整车控制器判断是否能够采取再生制动方式进行制动,如果可以,进入步骤 d,否则,进入步骤 h;

[0009] d. 若 $F_{fn} \geq F_{rn}$,进入步骤 e,否则,进入步骤 f;

[0010] e. 由制动力分配系统分别计算前后轴电机制动力和机械制动力:1. 若最大电机制动力大于或等于该轴需求制动力,则该轴电机提供该轴需求制动力;2. 若最大电机制动力

力小于该轴需求制动力,则该轴电机提供最大电机制动力,该轴上需求的制动力的不足部分由机械制动力提供。并进入步骤 g ;

[0011] f. 由制动力分配系统分别计算前后轴电机制动力和机械制动力 :1. 若最大电机制动力大于后轴需求制动力,则前后电机都提供该轴的需求制动力 ;2. 若最大电机制动力大于总需求制动力的一半而且小于后轴制动力,则后轴电机提供最大电机制动力,前轴电机提供总需求制动力与最大电机制动力的差值 ;3. 若最大电机制动力大于前轴制动力而且小于总需求制动力的一半,前后电机都提供最大电机制动力,后轴机械制动力提供总需求制动力与最大电机制动力的二倍的差值 ;4. 若最大电机制动力小于前轴制动力,则前后轴电机都提供最大电机制动力,该轴上需求的制动力的不足部分由机械制动力提供。并进入步骤 g ;

[0012] g. 电机控制器和机械制动控制器接受前后轴电机制动力和机械制动力数据信息,进行再生制动,回收能量。返回步骤 a。

[0013] h. 再生制动系统不参与制动,所有制动力由机械制动力提供。返回步骤 a。

[0014] 其中,步骤 c 中的判断方法为 :

[0015] 同时进行以下三项评估 :

[0016] a. 整车控制器读入需求的制动强度 Z ,当需求的制动强度小于设定值 Z_{\max} 时,才能进行再生制动,反之则判定整车进行紧急制动,不能进行再生制动 ;

[0017] b. 整车控制器读入当前车速,当车速大于设定值 V_{\min} 时才能进行再生制动,反之则不能进行再生制动 ;

[0018] c. 整车控制器读入当前电池放电深度 SOC 和电池温度 T 的值,当电池放电深度 SOC 小于设定值 K 且电池温度小于电池报警温度 T_{\max} 时才能进行再生制动,反之则不能进行再生制动 ;

[0019] 当三项评估均判断为能进行再生制动时才进行再生制动,否则不能进行再生制动。

附图说明

[0020] 图 1 是控制方法流程图。

[0021] 图 2 是理想制动力分配曲线和电机最大制动力曲线以及总需求制动力曲线分布图。

[0022] 图 3 是后轴制动力大于前轴制动力时对图 2 的放大图。

具体实施方式

[0023] 下面结合附图对本发明做进一步的阐述 :

[0024] 针对某款试验样车进行本专利的实施试验。按照控制流程,如图 1 所示,由整车控制器读入并计算分析整车信息。当进入制动状态时,由整车控制器对再生制动限制条件进行判断,当同时满足需求的制动强度小于设定值、车速大于设定值、电池放电深度 SOC 小于设定值且电池温度小于电池报警温度时,车辆进行再生制动 ;否则,再生制动不参与制动过程,所有制动力由机械制动力提供。

[0025] 图 2 是以该款试验样车为例绘制的制动力分配曲线和电机最大制动力(以下简称

F_{em}) 以及总需求制动力 (以下简称 F) 分布关系图。其中粗实线部分对应 F_{em} 大于前轴需求制动力 (以下简称 F_{fn}) 而且小于后轴需求制动力 (以下简称 F_{rn}) 的情况,在图 3 中进行放大显示。

[0026] 车辆进行再生制动时,当制动强度较大,前后轴制动力分配对应图 2 中理想制动力分配曲线时, F_{fn} 大于 F_{rn} ,此时由制动力分配系统分别计算前后轴电机制动力和机械制动力:1. 若 F_{em} 大于或等于该轴需求制动力,则该轴电机提供该轴需求制动力;2. 若 F_{em} 小于该轴需求制动力,则该轴电机提供 F_{em} ,该轴上需求的制动力的不足部分由机械制动力提供。控制结果使整车制动力分配贴合理想制动力分配曲线。

[0027] 图 3 是 F_{rn} 大于 F_{fn} 时对图 2 的放大图,AC 段对应 $F_{fn} < F_{em} < F_{rn}$ 时的制动力分配关系。

[0028] 当制动强度较小,前后轴制动力分配对应图 2 中理想制动力分配曲线, F_{rn} 大于 F_{fn} 。在整车制动过程中,随着车速的减小, F_{em} 逐渐由 C 点下降到 A 点。当 F_{em} 大于 F_{rn} 时,前后轴电机都提供该轴的需求制动力;当 F_{em} 小于 F_{rn} 而且大于 F_{fn} 时(对应图 2 中粗实线部分,即图 3 中 AC 段)需要综合考虑电机发电特性和理想制动力分配关系来分配电机制动力和机械制动力,使其沿图 3 中 DB 段分布。具体判断步骤如下:1. 若 F_{em} 大于 F 的一半而且小于 F_{rn} (对应图 3 中 BC 段),则后轴电机提供 F_{em} ,前轴电机提供 F 与 F_{em} 的差值(例如图 3 中, F_{em} 处于 E 点,控制结果使前后轴制动力分配对应 G 点);2. 若 F_{em} 大于 F_{fn} 而且小于 F 的一半(对应图 3 中 AB 段),前后电机都提供 F_{em} ,后轴机械制动力提供 F 与 F_{em} 的二倍的差值(例如图 3 中, F_{em} 处于 F 点,控制结果使前后轴制动力分配对应 G 点);3. 若 F_{em} 小于 F_{fn} ,则前后轴电机都提供 F_{em} ,该轴上需求的制动力的不足部分由机械制动力提供。例如在 0.3 的制动强度下,前后轴制动力分配对应理想制动力分配曲线上的 D 点。当 F_{em} 下降到 C 点时,控制结果使前后轴制动力分配处于 D 点;当 F_{em} 由 C 点下降到 B 点时,控制结果使前后轴制动力分配曲线由 D 点下降到 B 点;当 F_{em} 由 B 点下降到 A 点时,控制结果使前后轴制动力分配曲线由 B 点回到 D 点;当 F_{em} 由 A 点继续下降时,控制结果使前后轴制动力分配处于 D 点。

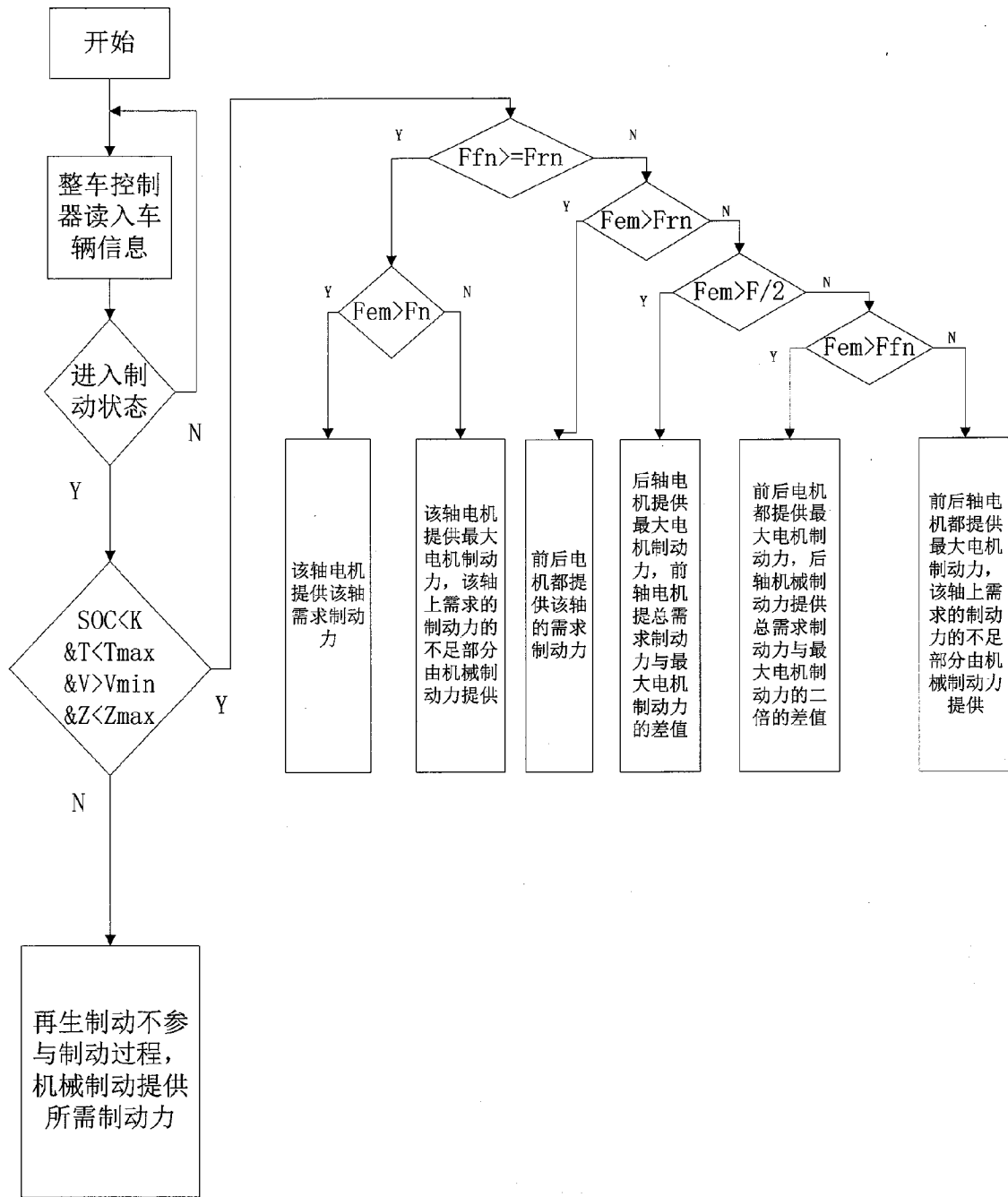


图 1

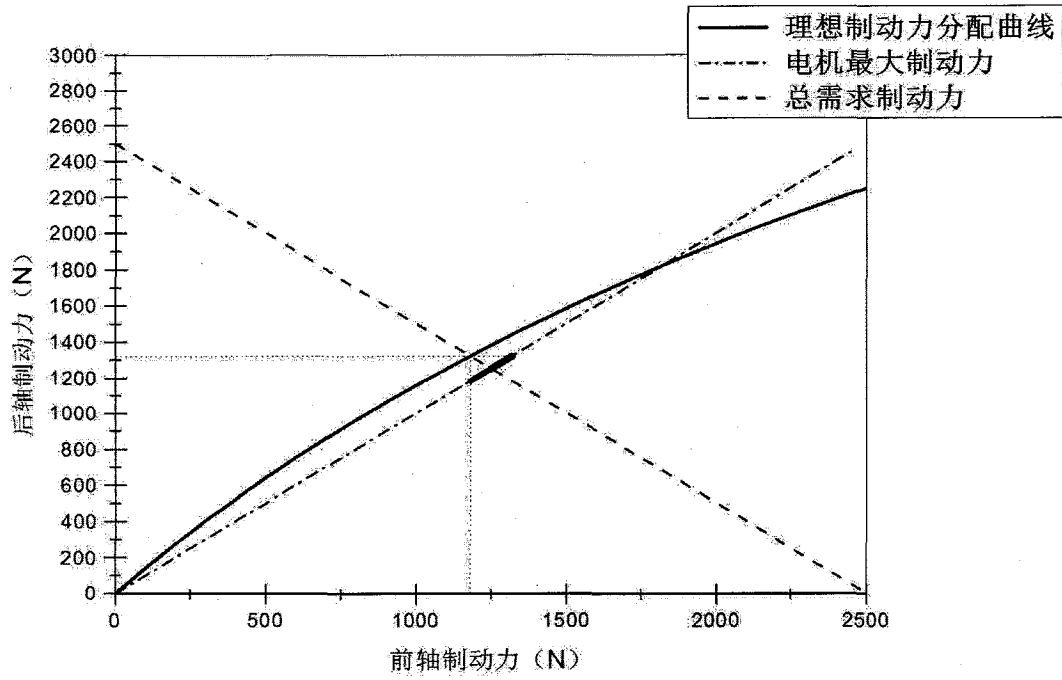


图 2

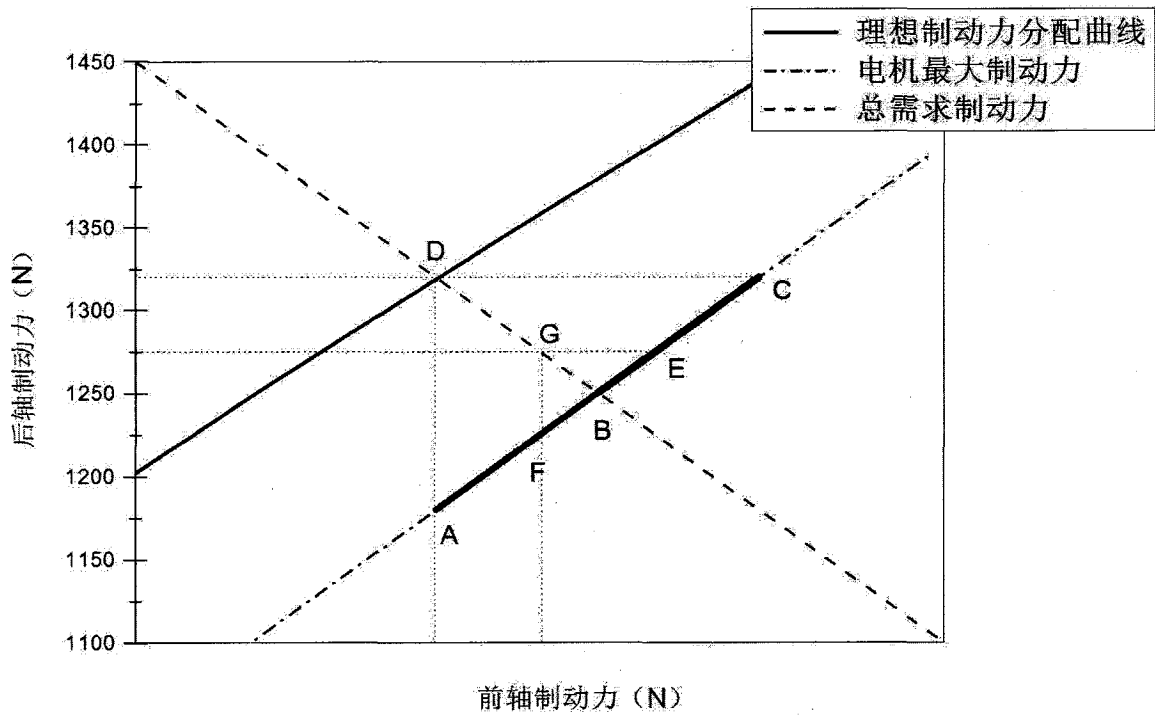


图 3