



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109017450 A

(43)申请公布日 2018.12.18

(21)申请号 201810914645.4

B60W 50/00(2006.01)

(22)申请日 2016.12.14

(62)分案原申请数据

201611150608.8 2016.12.14

(71)申请人 大连民族大学

地址 116600 辽宁省大连市经济技术开发
区辽河西路18号

(72)发明人 葛平淑 赵秀春 薄纯娟 宋鹏

张涛 谭承坚

(74)专利代理机构 大连智高专利事务所(特殊

普通合伙) 21235

代理人 刘斌

(51)Int.Cl.

B60L 15/38(2006.01)

B60L 15/20(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54)发明名称

四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法

(57)摘要

本分案申请公开了一种四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法,属于电动汽车底盘控制领域,用于解决有效的兼顾四轮独立驱动电动汽车动力性和燃油经济性的力矩分配的问题,技术要点是:S1.采集四轮独立驱动电动汽车的驱动电机数据,绘制电机MAP图;S2.建立二次规划问题的目标函数;S3.寻找二次规划问题的约束条件,效果是将力矩分配转化为二次规划问题。

1. 一种四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法,其特征在于,包括如下步骤:
 - S1. 采集四轮独立驱动电动汽车的驱动电机数据,绘制电机MAP图;
 - S2. 建立二次规划问题的目标函数;
 - S3. 寻找二次规划问题的约束条件。
2. 如权利要求1所述的四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法,其特征在于,所述的步骤S2,包括:
 - 2.1、目标函数第一项;
 - 2.2、目标函数第二项;
 - 2.3、目标函数第三项。
3. 如权利要求1所述的四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法,其特征在于,所述步骤S3,包括:
 - 3.1、电动机最大输出力矩约束;
 - 3.2、电池输出功率约束。

四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法

[0001] 本申请是申请号201611150608.8,申请日2016-12-14,发明名称“兼顾动力与能效的四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法”的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明属于电动汽车底盘控制领域,涉及到四轮独立驱动电动汽车动力系统设计,特别涉及到一种兼顾动力与能效的四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法。

背景技术

[0003] 随着汽车保有量的增加,汽车造成的环境问题日趋严重,电动汽车的发展越来越受到人们的重视。四轮独立驱动电动汽车是电动汽车的一种重要形式,其四个车轮的转矩可以单独控制,因此相对传统汽车有更大的控制优势。

[0004] 汽车的动力性和燃油经济性是汽车的两大性能指标。在传统汽车上,人们根据发动机效率MAP图(转速-力矩-效率图),通过优化传动系统使得发动机工作在效率较高的速度-力矩区间,使汽车保持动力性的同时,提高汽车的燃油经济型。但是针对四轮独立驱动电动汽车的特点,目前尚未有一套有效的兼顾四轮独立驱动电动汽车动力性和燃油经济性的力矩分配方法。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术存在的上述问题,本实施例要设计一种兼顾动力与能效的四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法,该方法既能保证四轮独立驱动电动汽车的动力性,又能保证四轮独立驱动电动汽车的燃油经济性。

[0006] 为了达到上述目的,本实施例的技术方案如下:一种兼顾动力与能效的四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法,使用二次规划的方法对四轮独立驱动电动汽车力矩进行分配。

[0007] 进一步的,所述二次规划的方法包括:

[0008] S1.获取目标函数;

[0009] S2.制定二次规划问题的约束条件。

[0010] 更进一步的,所述目标函数为:

$$\begin{aligned}
 J = J_1 + J_2 + J_3 = & T_1^2 \cdot \omega_1^2 \left(\frac{1-\eta_1}{\eta_1} \right)^2 + T_2^2 \cdot \omega_2^2 \left(\frac{1-\eta_2}{\eta_2} \right)^2 + T_3^2 \cdot \omega_3^2 \left(\frac{1-\eta_3}{\eta_3} \right)^2 \\
 & + T_4^2 \cdot \omega_4^2 \left(\frac{1-\eta_4}{\eta_4} \right)^2 + (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 - T_d)^2 + \left(\frac{T_1}{r\mu F_{z1}} \right)^2 + \left(\frac{T_2}{r\mu F_{z2}} \right)^2 \\
 & + \left(\frac{T_3}{r\mu F_{z3}} \right)^2 + \left(\frac{T_4}{r\mu F_{z4}} \right)^2
 \end{aligned}$$

[0012] 其中:

[0013] 第一项目标函数:

$$[0014] \quad J_1 = T_1^2 \cdot \omega_1^2 \left(\frac{1-\eta_1}{\eta_1} \right)^2 + T_2^2 \cdot \omega_2^2 \left(\frac{1-\eta_2}{\eta_2} \right)^2 + T_3^2 \cdot \omega_3^2 \left(\frac{1-\eta_3}{\eta_3} \right)^2 + T_4^2 \cdot \omega_4^2 \left(\frac{1-\eta_4}{\eta_4} \right)^2$$

[0015] 第二项目标函数:

$$[0016] \quad J_2 = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 - T_d)^2;$$

[0017] 第三目标函数为:

$$[0018] \quad J_3 = \left(\frac{T_1}{r\mu F_{z1}} \right)^2 + \left(\frac{T_2}{r\mu F_{z2}} \right)^2 + \left(\frac{T_3}{r\mu F_{z3}} \right)^2 + \left(\frac{T_4}{r\mu F_{z4}} \right)^2;$$

[0019] 其中: $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ 分别为左前轮、右前轮、左后轮、右后轮对应的驱动电机效率;

[0020] P_1, P_2, P_3, P_4 分别为左前轮、右前轮、左后轮、右后轮对应的驱动电机输出功率;

[0021] T_1, T_2, T_3, T_4 分别为左前轮、右前轮、左后轮、右后轮对应的驱动电机所分配的力矩

[0022] $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ 分别为左前轮、右前轮、左后轮、右后轮对应的驱动电机角速度;

[0023] r 为轮胎的有效滚动半径, μ 为地面摩擦系数, $F_{z1}, F_{z2}, F_{z3}, F_{z4}$ 分别为左前轮、右前轮、左后轮、右后轮所受的垂直载荷;

[0024] 所述第一项目标函数是对四个驱动电机总的损耗功率计算公式进行变形改写成平方和的形式得到的,所述四个驱动电机总的损耗功率计算公式为:

$$[0025] \quad \begin{aligned} P_i &= P_1 \left(\frac{1-\eta_1}{\eta_1} \right) + P_2 \left(\frac{1-\eta_2}{\eta_2} \right) + P_3 \left(\frac{1-\eta_3}{\eta_3} \right) + P_4 \left(\frac{1-\eta_4}{\eta_4} \right) \\ &= T_1 \cdot \omega_1 \left(\frac{1-\eta_1}{\eta_1} \right) + T_2 \cdot \omega_2 \left(\frac{1-\eta_2}{\eta_2} \right) + T_3 \cdot \omega_3 \left(\frac{1-\eta_3}{\eta_3} \right) + T_4 \cdot \omega_4 \left(\frac{1-\eta_4}{\eta_4} \right) \end{aligned}$$

[0026] 更进一步的,所述约束条件包含两项:电动机最大输出力矩约束和电池输出功率约束;

[0027] 所述电动机最大输出力矩约束:左右两车车轮的力矩相等,用公式描述上述约束为:

$$[0028] \quad \begin{cases} 0 \leq T_1 = T_2 \leq T_{\max} \\ 0 \leq T_3 = T_4 \leq T_{\max} \end{cases}$$

[0029] 其中 T_{\max} 为驱动电机可提供的最大力矩;

[0030] 所述电池输出功率约束:四个驱动电机所消耗的功率之和不大于效率电池提供的最大功率的90%,用公式描述上述约束为:

$$[0031] \quad \frac{T_1 \omega_1}{\eta_1} + \frac{T_2 \omega_2}{\eta_2} + \frac{T_3 \omega_3}{\eta_3} + \frac{T_4 \omega_4}{\eta_4} \leq 90\% \cdot P_b$$

[0032] 其中 P_b 为电池可提供的最大功率。

[0033] 进一步的,二次规划问题用如下公式表示:

$$\begin{aligned}
 & \min J = T_1^2 \cdot \omega_1^2 \left(\frac{1-\eta_1}{\eta_1} \right)^2 + T_2^2 \cdot \omega_2^2 \left(\frac{1-\eta_2}{\eta_2} \right)^2 + T_3^2 \cdot \omega_3^2 \left(\frac{1-\eta_3}{\eta_3} \right)^2 + T_4^2 \cdot \omega_4^2 \left(\frac{1-\eta_4}{\eta_4} \right)^2 \\
 & \quad + (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 - T_d)^2 + \left(\frac{T_1}{r\mu F_{z1}} \right)^2 + \left(\frac{T_2}{r\mu F_{z2}} \right)^2 + \left(\frac{T_3}{r\mu F_{z3}} \right)^2 + \left(\frac{T_4}{r\mu F_{z4}} \right)^2 \\
 [0034] \quad & \left\{ \begin{aligned}
 & s.t. \quad 0 \leq T_1 = T_2 \leq T_{\max} \\
 & \quad \quad 0 \leq T_3 = T_4 \leq T_{\max} \\
 & \quad \quad \frac{T_1\omega_1}{\eta_1} + \frac{T_2\omega_2}{\eta_2} + \frac{T_3\omega_3}{\eta_3} + \frac{T_4\omega_4}{\eta_4} \leq 90\% \cdot P_b
 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

[0035] 求解此二次规划问题即得到四轮独立驱动电动汽车四个电机所分配的力矩。

[0036] 有益效果：本发明的技术方案考虑了驱动电机能量的损耗情况，四个驱动电机分配的力矩之和应该等于驾驶员所需要的力矩 T_d ，轮胎所受到的驱动力与地面可提供的最大摩擦力的比值，并基于上述参量制定了目标函数，即目标函数对于动力性和经济性作出了综合性的平衡考量，并创造性的将力矩分配转化为二次规划问题，提出了力矩分配方法的一种新趋势，使得长久以来动力性和经济性的相互制衡问题得到解决。

具体实施方式

[0037] 一种基于能量管理的四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法：将四轮独立驱动电动汽车力矩分配问题转化为二次规划问题，从而可以计算四轮独立驱动电动汽车每个电动机分配的力矩大小。具体实施步骤如下：

[0038] 1、采集四轮独立驱动电动汽车的驱动电机数据，绘制电机MAP图

[0039] 本实施例的所提出的兼顾动力与能效的四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法是基于驱动电机的MAP图进行的，因此首先需要绘制驱动电机的MAP图。绘制方法是：在电机测试平台上对四轮独立驱动电动汽车的驱动电机进行测试，测试不同力矩、不同转速下电机的效率并记录，记录如下：

[0040] 表1四轮独立驱动电动汽车电机MAP图数据记录表

[0041]	力矩 \ 转速	t_1	t_2	...	t_{\max}
	n_1	η_{11}	η_{12}	...	η_{1n}
[0042]	n_2	η_{21}	η_{22}	...	η_{2n}
	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
	n_{\max}	η_{n1}	η_{n2}	...	η_{nn}

[0043] 2、建立二次规划问题的目标函数

[0044] 将四轮独立驱动电动汽车力矩分配问题转化为二次规划问题首先要寻找目标函数。本实施例设计的目标函数包含三项：

[0045] 2.1、目标函数第一项

[0046] 本实施例提出的是一种兼顾动力与能效的四轮独立驱动电动汽车力矩分配方法，因此设计目标函数需要考虑的首要目标是驱动电机能量的损耗情况，假设左前轮、右前轮、左后轮、右后轮对应的驱动电机效率分别为： $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ ，左前轮、右前轮、左后轮、右后轮对应的驱动电机输出功率分别为： P_1, P_2, P_3, P_4 ，左前轮、右前轮、左后轮、右后轮对应的驱动电机所分配的力矩分别为： T_1, T_2, T_3, T_4 ，左前轮、右前轮、左后轮、右后轮对应的驱动电机角速度分别为： $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ ，则四个驱动电机总的损耗功率可表示为：

$$[0047] \quad P_t = P_1 \left(\frac{1-\eta_1}{\eta_1} \right) + P_2 \left(\frac{1-\eta_2}{\eta_2} \right) + P_3 \left(\frac{1-\eta_3}{\eta_3} \right) + P_4 \left(\frac{1-\eta_4}{\eta_4} \right) \\ = T_1 \cdot \omega_1 \left(\frac{1-\eta_1}{\eta_1} \right) + T_2 \cdot \omega_2 \left(\frac{1-\eta_2}{\eta_2} \right) + T_3 \cdot \omega_3 \left(\frac{1-\eta_3}{\eta_3} \right) + T_4 \cdot \omega_4 \left(\frac{1-\eta_4}{\eta_4} \right)$$

[0048] 为方便形成二次规划问题，对上式进行变形改写成平方和的形式，得到目标函数第一项：

$$[0049] \quad J_1 = T_1^2 \cdot \omega_1^2 \left(\frac{1-\eta_1}{\eta_1} \right)^2 + T_2^2 \cdot \omega_2^2 \left(\frac{1-\eta_2}{\eta_2} \right)^2 + T_3^2 \cdot \omega_3^2 \left(\frac{1-\eta_3}{\eta_3} \right)^2 + T_4^2 \cdot \omega_4^2 \left(\frac{1-\eta_4}{\eta_4} \right)^2$$

[0050] 2.2、目标函数第二项

[0051] 四个驱动电机分配的力矩之和应该等于驾驶员所需要的力矩 T_d ，将其作为目标函数可写为：

$$[0052] \quad J_2 = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 - T_d)^2$$

[0053] 2.3、目标函数第三项

[0054] 轮胎所受到的驱动力与地面可提供的最大摩擦力的比值应尽量越小越好，这有利于提高汽车的操纵稳定性，因此本实施例设计的第三目标函数为：

$$[0055] \quad J_3 = \left(\frac{T_1}{r\mu F_{z1}} \right)^2 + \left(\frac{T_2}{r\mu F_{z2}} \right)^2 + \left(\frac{T_3}{r\mu F_{z3}} \right)^2 + \left(\frac{T_4}{r\mu F_{z4}} \right)^2$$

[0056] 本实施例最终设计的目标函数为上述三项之和：

$$[0057] \quad J = J_1 + J_2 + J_3 = T_1^2 \cdot \omega_1^2 \left(\frac{1-\eta_1}{\eta_1} \right)^2 + T_2^2 \cdot \omega_2^2 \left(\frac{1-\eta_2}{\eta_2} \right)^2 + T_3^2 \cdot \omega_3^2 \left(\frac{1-\eta_3}{\eta_3} \right)^2 \\ + T_4^2 \cdot \omega_4^2 \left(\frac{1-\eta_4}{\eta_4} \right)^2 + (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 - T_d)^2 + \left(\frac{T_1}{r\mu F_{z1}} \right)^2 + \left(\frac{T_2}{r\mu F_{z2}} \right)^2 \\ + \left(\frac{T_3}{r\mu F_{z3}} \right)^2 + \left(\frac{T_4}{r\mu F_{z4}} \right)^2$$

[0058] 其中： r 为轮胎的有效滚动半径， μ 为地面摩擦系数， $F_{z1}, F_{z2}, F_{z3}, F_{z4}$ 分别为左前轮、右前轮、左后轮、右后轮所受的垂直载荷；

[0059] 3、寻找二次规划问题的约束条件

[0060] 将四轮独立驱动电动汽车力矩分配问题转化为二次规划问题并建立目标函数后，要寻找二次规划问题的约束条件。本实施例设计的约束条件包含两项：

[0061] 3.1、电动机最大输出力矩约束

[0062] 每个驱动电机可输出的力矩必然小于驱动电机本身可提供的最大力矩。另外，为了保证电动汽车在行驶过程中的车身稳定性，减小轮胎磨损，本实施例规定左右两车车轮的力矩必须相等。用公式描述上述约束可写为：

$$[0063] \quad \begin{cases} 0 \leq T_1 = T_2 \leq T_{\max} \\ 0 \leq T_3 = T_4 \leq T_{\max} \end{cases}$$

[0064] 其中 T_{\max} 为驱动电机可提供的最大力矩。

[0065] 3.2、电池输出功率约束

[0066] 四个驱动电机所消耗的功率之和一定要小于电池可提供的最大功率，为了更好的保护电池，防止电池过热，本实施例此处设计的约束条件为：四个驱动电机所消耗的功率之和一定要效率电池可提供的最大功率的90%。用公式表示为：

$$[0067] \quad \frac{T_1 \omega_1}{\eta_1} + \frac{T_2 \omega_2}{\eta_2} + \frac{T_3 \omega_3}{\eta_3} + \frac{T_4 \omega_4}{\eta_4} \leq 90\% \cdot P_b$$

[0068] 其中 P_b 为电池可提供的最大功率。

[0069] 最终形成的二次规划问题用公式表示为：

$$[0070] \quad \begin{cases} \min J = T_1^2 \cdot \omega_1^2 \left(\frac{1-\eta_1}{\eta_1} \right)^2 + T_2^2 \cdot \omega_2^2 \left(\frac{1-\eta_2}{\eta_2} \right)^2 + T_3^2 \cdot \omega_3^2 \left(\frac{1-\eta_3}{\eta_3} \right)^2 + T_4^2 \cdot \omega_4^2 \left(\frac{1-\eta_4}{\eta_4} \right)^2 \\ \quad + (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 - T_d)^2 + \left(\frac{T_1}{r\mu F_{z1}} \right)^2 + \left(\frac{T_2}{r\mu F_{z2}} \right)^2 + \left(\frac{T_3}{r\mu F_{z3}} \right)^2 + \left(\frac{T_4}{r\mu F_{z4}} \right)^2 \\ \text{s.t. } 0 \leq T_1 = T_2 \leq T_{\max} \\ \quad 0 \leq T_3 = T_4 \leq T_{\max} \\ \quad \frac{T_1 \omega_1}{\eta_1} + \frac{T_2 \omega_2}{\eta_2} + \frac{T_3 \omega_3}{\eta_3} + \frac{T_4 \omega_4}{\eta_4} \leq 90\% \cdot P_b \end{cases}$$

[0071] 求解此二次规划问题即可得到四轮独立驱动电动汽车四个电机所分配的力矩。

[0072] 以上所述，仅为本发明创造较佳的具体实施方式，但本发明创造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创造披露的技术范围内，根据本发明创造的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变，都应涵盖在本发明创造的保护范围之内。