



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107355162 A

(43)申请公布日 2017. 11. 17

(21)申请号 201710422549.3

(22)申请日 2017.06.07

(71)申请人 周艳红

地址 430074 湖北省武汉市华中科技大学  
东三区

(72)发明人 周艳红 郑伟胜 吴珩 杨兆万

(74)专利代理机构 武汉臻诚专利代理事务所  
(普通合伙) 42233

代理人 胡星驰

(51) Int. Cl.

E05F 15/611(2015.01)

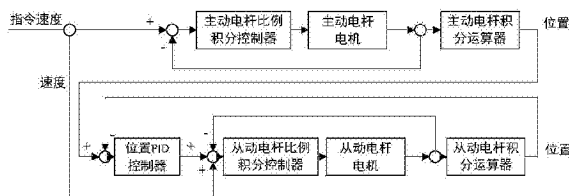
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

## (54)发明名称

一种汽车电动尾门双杆同步运动的控制方法及装置

## (57)摘要

本发明公开了一种汽车电动尾门双杆同步的控制方法与装置。所述方法包括(1)主动电杆速度控制:选择其一电动推杆作为主动电杆,根据外部获取的指令速度以及主动电杆实时状态信息,控制其电机的实时转速;(2)从动电杆位置同步控制:选择另一电动推杆作为从动电杆,根据外部获取的指令速度、主动电杆实时状态信息、和从动电杆实时状态信息,控制其电机的实时转速,使得其实时位置与主动电杆同步。所述装置包括主动电杆比例积分控制器、从动电杆比例积分控制器、位置比例积分微分控制器、主动电杆电机、从动电杆电机、主动电杆积分运算器,从动电杆积分运算器。本发明能保证所述汽车电动尾门在开关门的过程中左右电动推杆之间运动的位置同步。



1. 一种汽车电动尾门双杆同步的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 主动电杆速度控制:选择双杆其中之一的电动推杆作为主动电杆,根据外部获取的指令速度以及主动电杆实时状态信息,控制其电机的实时转速;

(2) 从动电杆位置同步控制:选择双杆中另一电动推杆作为从动电杆,根据外部获取的指令速度、主动电杆实时状态信息、和从动电杆实时状态信息,控制其电机的实时转速,使得其实时位置与主动电杆同步。

2. 如权利要求1所述汽车电动尾门的控制方法,其特征在于,所述指令速度由电动尾门控制器系统的速度规划器产生;所述主动电杆实时状态信息包括主动电杆电机的实时转速和主动电杆实时位移;所述从动电杆实时状态信息包括从动电杆电机的实时转速和从动电杆实时位移。

3. 如权利要求2所述汽车电动尾门双杆同步的控制方法,其特征在于,所述主动电杆速度控制和/或从动电杆速度控制采用闭环比例积分控制策略。

4. 如权利要求3所述的汽车电动尾门双杆同步的控制方法,其特征在于,所述主动电杆速度控制采用闭环比例积分控制策略,具体如下:

(1-1) 采集所述主动电杆其驱动电机的编码器信息,获取主动电杆电机的实时转速;

(1-2) 将步骤(1-1)中获得的主动电杆电机的实时转速作为速度负反馈信息,与实时获取的指令速度作比较,获得主动电杆速度偏差值;

(1-3) 根据步骤(1-2)获得的主动电杆速度偏差值,按照所述主动电杆速度偏差值的比例积分与更新主动转速成正比的原则,确定更新主动转速;

(1-4) 使得所述主动电杆电机的实时转速满足更新主动转速,并返回步骤(1-1)循环执行。

5. 如权利要求4所述的汽车电动尾门双杆同步的控制方法,其特征在于,所述主动电杆电机的更新主动转速按照如下方法计算:

$$Out1 = K_{p\_s} [e_s(t) + \frac{1}{T_{i\_s}} \int e_s(t) dt]$$

其中,Out1为主动电杆电机的更新主动转速, $e_s(t)$ 为所述主动电杆速度偏差值, $K_{p\_s}$ 为对所述主动电杆速度偏差做比例积分运算的比例系数, $T_{i\_s}$ 为对速度偏差做时间积分运算的时间系数。

6. 如权利要求3所述的汽车电动尾门双杆同步的控制方法,其特征在于,所述从动电杆速度控制采用闭环比例积分控制策略,具体如下:

具体如下:

(2-1) 采集所述从动电杆其驱动电机的编码信息,获取从动电杆的实时转速;

(2-2) 将步骤(2-1)中获得的从动电杆实时转速作为速度负反馈信息,与实时获得的所述指令速度作比较,获得从动电杆速度偏差值;

(2-3) 获取主动电杆的位置信息和从动电杆的相对位置信息,计算主电杆位置与从电杆位置的差值的比例积分与从动电杆速度偏差值的时间微分运算结果之和,并按照其和与更新后的从动电杆速度偏差值成正比的原则修正从动电杆速度偏差值,获得更新后的从动电杆速度偏差值;

(2-4) 根据步骤(2-3)获得的更新后的从动电杆速度偏差值,按照按照所述更新后的从

动电杆速度偏差值的比例积分与更新从动转速成正比的原则,确定更新从动转速;

(2-5) 使得所述从动电杆电机的实时转速满足更新从动转速,并返回步骤(2-1)循环执行。

7. 如权利要求6所述的汽车电动尾门双杆同步的控制方法,其特征在于,所述从动电杆速度偏差值按照以下方法计算:

$$u_p(t) = K_{p\_p}[e_p(t) + \frac{1}{T_{i\_p}} \int e_p(t)dt + T_{d\_p} \frac{de(t)}{dt}]$$

其中, $u_p(t)$ 为更新后的从动电杆速度偏差信息, $e_p(t)$ 为主动电杆位置与从动电杆位置的差值, $de(t)$ 为从动电杆速度偏差值, $K_{p\_p}$ 为对所述从动电杆速度偏差值做比例运算的比例系数, $T_{i\_p}$ 为对所述从动电杆速度偏差值做时间积分运算的时间系数, $T_{d\_p}$ 为对所述从动电杆速度偏差值做时间微分运算的时间系数。

8. 如权利要求6所述的汽车电动尾门双杆同步的控制方法,其特征在于,所述更新从动转速按照如下方法计算:

$$Out2 = K_{p\_r}[e_r(t) + \frac{1}{T_{i\_r}} \int e_r(t)dt]$$

其中, $Out2$ 为更新从动转速, $e_r(t)$ 为从动电杆速度偏差值和从动电杆实时转速的差值, $K_{p\_s}$ 为对所述从动电杆速度偏差值做比例运算的比例系数, $T_{i\_s}$ 为对所述从动电杆速度偏差值做时间积分运算的时间系数。

9. 一种汽车电动尾门双杆同步的控制装置,其特征在于,包括:主动电杆比例积分控制器、从动电杆比例积分控制器、位置比例积分微分控制器、主动电杆电机、从动电杆电机、主动电杆积分运算器,从动电杆积分运算器;

所述主动电杆比例积分控制器,其输入端输入所述指令速度,其反馈端与主动电杆电机输出端相连,其输出端与主动电杆电机输入端相连;

所述主动电杆电机,其输出端还与主动电杆积分运算器相连;

所述主动电杆积分运算器,其输出端与位置比例积分微分控制器第一输入端相连;

所述位置比例积分微分控制器,其第一输入端与所述主动电杆积分运算器输出端相连,其第二输入端与所述从动电杆积分运算器输出端相连,其输出端与从动电杆比例积分控制器相连;

所述从动电杆比例积分控制器,其输入端与位置比例积分微分控制器输出端相连,其反馈端与从动电杆电机输出端相连,其输出端与从动电杆电机输入端相连;

所述从动电杆电机,其输出端还与从动电杆积分运算器相连;

所述从动电杆积分运算器,其输出端与位置比例积分微分控制器第二输入端相连。

10. 如权利要求9所述的汽车电动尾门双杆同步的控制装置,其特征在于,所述位置比例积分微分控制器,用于根据主动电杆实时位置和从动电杆实时位置,修正指令速度。

## 一种汽车电动尾门双杆同步运动的控制方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于汽车智能电子领域,更具体地,涉及一种汽车电动尾门双杆同步运动的控制方法及装置。

### 背景技术

[0002] 汽车尾门开关过程的自动化极大地方便了人们的出行,汽车尾门的开关控制经历了人工开关门、单杆电动开关门再到双杆电动开关门的演化过程。单杆电动尾门在长期的使用过程中,由于开关门过程中尾门左右受力不平衡,会造成尾门的变形,更严重的会导致尾门无法完全关合闭紧。双杆结构电动尾门的出现就是为了解决尾门在开关过程中左右侧受力不平衡的问题,并同时提供更大的驱动力。但随之而出现的则是尾门左右电动推杆的同步性问题,如果电动推杆的运动不同步,那依然会在长期的使用过程中造成尾门的变形。

[0003] 电动尾门双杆同步运动的控制涉及两个基本的问题:1) 控制策略根据期望的开关门需求,如何控制电动推杆的运动,从而执行相应的动作;2) 控制策略如何保证在开关门过程中尾门左右电动推杆运动的同步性,以使尾门左右两侧的位移量相等,防止尾门因左右电动推杆运动的不同步而造成变形。

[0004] 目前双杆结构的汽车电动尾门的左右电杆大多采用并联式的控制模式,即将同一控制指令同时发送给左右电动推杆,左右电动推杆则根据接收到的指令独立完成自身的运动,左右杆之间没有协同控制。然而左右推杆之间的受力情况并不完全相同,目前的控制方法不能根据左右推杆的受力情况进行调整,而造成左右电杆仍然存在运动不同步的问题,长期使用仍会造成尾门变形。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种汽车电动尾门双杆控制方法及装置,其目的在于通过对双杆进行主从选择,使从动电杆始终在位置上保持与主动电杆一致,由此解决现有的尾门双杆控制结束左右电杆运动位置不同步、导致尾门变形的技术问题。

[0006] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种汽车电动尾门双杆同步的控制方法,包括以下步骤:

[0007] (1) 主动电杆速度控制:选择双杆其中之一的电动推杆作为主动电杆,根据外部获取的指令速度以及主动电杆实时状态信息,控制其电机的实时转速;

[0008] (2) 从动电杆位置同步控制:选择双杆中另一电动推杆作为从动电杆,根据外部获取的指令速度、主动电杆实时状态信息、和从动电杆实时状态信息,控制其电机的实时转速,使得其实时位置与主动电杆同步。

[0009] 优选地,所述汽车电动尾门的控制方法,其所述指令速度由电动尾门控制器系统的速度规划器产生;所述主动电杆实时状态信息包括主动电杆电机的实时转速和主动电杆实时位移;所述从动电杆实时状态信息包括从动电杆电机的实时转速和从动电杆实时位

移。

[0010] 优选地,所述汽车电动尾门的控制方法,其所述主动电杆速度控制和/ 或从动电杆速度控制采用闭环比例积分控制策略。

[0011] 优选地,所述汽车电动尾门的控制方法,其所述主动电杆速度控制采用闭环比例积分控制策略,具体如下:

[0012] (1-1) 采集所述主动电杆其驱动电机的编码器信息,获取主动电杆电机的实时转速;

[0013] (1-2) 将步骤(1-1)中获得的主动电杆电机的实时转速作为速度负反馈信息,与实时获取的指令速度作比较,获得主动电杆速度偏差值;

[0014] (1-3) 根据步骤(1-2)获得的主动电杆速度偏差值,按照所述主动电杆速度偏差值的比例积分与更新主动转速成正比的原则,确定更新主动转速;

[0015] (1-4) 使得所述主动电杆电机的实时转速满足更新主动转速,并返回步骤(1-1)循环执行。

[0016] 优选地,所述汽车电动尾门的控制方法,其所述主动电杆电机的更新主动转速按照如下方法计算:

$$[0017] \quad Out1 = K_{p\_s}[e_s(t) + \frac{1}{T_{i\_s}} \int e_s(t)dt]$$

[0018] 其中,Out1为主动电杆电机的更新主动转速, $e_s(t)$ 为所述主动电杆速度偏差值, $K_{p\_s}$ 为对所述主动电杆速度偏差做比例积分运算的比例系数, $T_{i\_s}$ 为对速度偏差做时间积分运算的时间系数。

[0019] 优选地,所述汽车电动尾门的控制方法,其所述从动电杆速度控制采用闭环比例积分控制策略,具体如下:

[0020] 具体如下:

[0021] (2-1) 采集所述从动电杆其驱动电机的编码信息,获取从动电杆的实时转速;

[0022] (2-2) 将步骤(2-1)中获得的从动电杆实时转速作为速度负反馈信息,与实时获得的所述指令速度作比较,获得从动电杆速度偏差值;

[0023] (2-3) 获取主动电杆的位置信息和从动电杆的相对位置信息,计算主电杆位置与从电杆位置的差值的比例积分与从动电杆速度偏差值的时间微分运算结果之和,并按照其和与更新后的从动电杆速度偏差值成正比的原则修正从动电杆速度偏差值,获得更新后的从动电杆速度偏差值;

[0024] (2-4) 根据步骤(2-3)获得的更新后的从动电杆速度偏差值,按照按照所述更新后的从动电杆速度偏差值的比例积分与更新从动转速成正比的原则,确定更新从动转速;

[0025] (2-5) 使得所述从动电杆电机的实时转速满足更新从动转速,并返回步骤(2-1)循环执行。

[0026] 优选地,所述汽车电动尾门的控制方法,其所述从动电杆速度偏差值按照以下方法计算:

$$[0027] \quad u_p(t) = K_{p\_p}[e_p(t) + \frac{1}{T_{i\_p}} \int e_p(t)dt + T_{d\_p} \frac{de(t)}{dt}]$$

[0028] 其中, $u_p(t)$ 为更新后的从动电杆速度偏差信息, $e_p(t)$ 为主动电杆位置与从动电杆

位置的差值,  $de(t)$  为从动电杆速度偏差值,  $K_{p\_p}$  为对所述从动电杆速度偏差值做比例运算的比例系数,  $T_{i\_p}$  为对所述从动电杆速度偏差值做时间积分运算的时间系数,  $T_{d\_p}$  为对所述从动电杆速度偏差值做时间微分运算的时间系数。

[0029] 优选地, 所述汽车电动尾门的控制方法, 其所述更新从动转速按照如下方法计算:

$$[0030] \quad Out2 = K_{p\_r} [e_r(t) + \frac{1}{T_{i\_r}} \int e_r(t) dt]$$

[0031] 其中,  $Out2$  为更新从动转速,  $e_r(t)$  为从动电杆速度偏差值和从动电杆实时转速的差值,  $K_{p\_s}$  为对所述从动电杆速度偏差值做比例运算的比例系数,  $T_{i\_s}$  为对所述从动电杆速度偏差值做时间积分运算的时间系数。

[0032] 按照本发明的另一个方面, 提供了一种汽车电动尾门双杆同步的控制装置, 包括: 主动电杆比例积分控制器、从动电杆比例积分控制器、位置比例积分微分控制器、主动电杆电机、从动电杆电机、主动电杆积分运算器, 从动电杆积分运算器;

[0033] 所述主动电杆比例积分控制器, 其输入端输入所述指令速度, 其反馈端与主动电杆电机输出端相连, 其输出端与主动电杆电机输入端相连;

[0034] 所述主动电杆电机, 其输出端还与主动电杆积分运算器相连;

[0035] 所述主动电杆积分运算器, 其输出端与位置比例积分微分控制器第一输入端相连;

[0036] 所述位置比例积分微分控制器, 其第一输入端与所述主动电杆积分运算器输出端相连, 其第二输入端与所述从动电杆积分运算器输出端相连, 其输出端与从动电杆比例积分控制器相连;

[0037] 所述从动电杆比例积分控制器, 其输入端与位置比例积分微分控制器输出端相连, 其反馈端与从动电杆电机输出端相连, 其输出端与从动电杆电机输入端相连;

[0038] 所述从动电杆电机, 其输出端还与从动电杆积分运算器相连;

[0039] 所述从动电杆积分运算器, 其输出端与位置比例积分微分控制器第二输入端相连。

[0040] 优选地, 所述汽车电动尾门双杆同步的控制装置, 其所述位置比例积分微分控制器, 用于根据主动电杆实时位置和从动电杆实时位置, 修正指令速度。

[0041] 总体而言, 通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比, 能够取得下列有益效果:

[0042] 在左右两个电杆的单杆速度闭环控制之间加入位置控制, 保证了汽车尾门左右两侧位置运动的同步性。本发明的汽车电动尾门双杆同步运动的控制方法及装置, 能保证所述汽车电动尾门在开关门的过程中左右电动推杆之间运动的位置同步, 防止尾门在长期的开关过程中因左右电杆运动位置的不同步而造成尾门变形情况的发生。

## 附图说明

[0043] 图1是本发明提供的汽车电动尾门双杆同步的控制方法流程示意图;

[0044] 图2是本发明提供的汽车电动尾门双杆同步的控制装置结构示意图;

[0045] 图3是本发明实施例提供的汽车电动尾门双杆同步的控制方法流程图;

[0046] 图4是实施例2左电杆电机速度闭环比例积分控制器结构示意图;

[0047] 图5是本发明实施例2的同步控制效果与普通控制效果对比图,其中图5A是普通控制时,汽车电动尾门双杆位置跟踪结果,图5B是按照本实施例提供的方法进行控制时,汽车电动尾门双杆位置跟踪结果。

### 具体实施方式

[0048] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0049] 本发明提供的汽车电动尾门双杆同步的控制方法,如图1所示,包括以下步骤:

[0050] (1) 主动电杆速度闭环控制:选择双杆其中之一的电动推杆作为主动电杆,根据外部获取的指令速度以及主动电杆实时状态信息,通过闭环的比例积分控制策略,控制其电机的实时转速。

[0051] 所述指令速度由电动尾门控制器系统的速度规划器产生;所述主动电杆实时状态信息包括主动电杆电机的实时转速和主动电杆实时位移。

[0052] 具体如下:

[0053] (1-1) 采集所述主动电杆其驱动电机的编码器信息,获取主动电杆电机的实时转速;

[0054] (1-2) 将步骤(1-1)中获得的主动电杆电机的实时转速作为速度负反馈信息,与实时获取的指令速度作比较,获得主动电杆速度偏差值;

[0055] (1-3) 根据步骤(1-2)获得的主动电杆速度偏差值,按照所述主动电杆速度偏差值的比例积分与更新主动转速成正比的原则,确定更新主动转速;

[0056] (1-4) 使得所述主动电杆电机的实时转速满足更新主动转速,并返回步骤(1-1)循环执行。

[0057] (2) 从动电杆位置同步控制:选择双杆中另一电动推杆作为从动电杆,根据外部获取的指令速度、主动电杆实时状态信息、和从动电杆实时状态信息,通过闭环的比例积分控制策略,控制其电机的实时转速,使得其实时位置与主动电杆同步。

[0058] 所述指令速度由电动尾门控制器系统的速度规划器产生;所述主动电杆实时状态信息包括主动电杆电机的实时转速和从动电杆实时位移;所述从动电杆实时状态信息包括从动电杆电机的实时转速和从动电杆实时位移。

[0059] 具体如下:

[0060] (2-1) 采集所述从动电杆其驱动电机的编码信息,获取从动电杆的实时转速;

[0061] (2-2) 将步骤(2-1)中获得的从动电杆实时转速作为速度负反馈信息,与实时获得的所述指令速度作比较,获得从动电杆速度偏差值;

[0062] (2-3) 获取主动电杆的位置信息和从动电杆的相对位置信息,计算主电杆位置与从电杆位置的差值的比例积分与从动电杆速度偏差值的时间微分运算结果之和,并按照其和与更新后的从动电杆速度偏差值成正比的原则修正从动电杆速度偏差值,获得更新后的从动电杆速度偏差值;

[0063] (2-4) 根据步骤(2-3)获得的更新后的从动电杆速度偏差值,按照按照所述更新后

的从动电杆速度偏差值的比例积分与更新从动转速成正比的原则,确定更新从动转速;

[0064] (2-5)使得所述从动电杆电机的实时转速满足更新从动转速,并返回步骤(2-1)循环执行。

[0065] 本发明提供的汽车电动尾门双杆同步的控制装置,包括:主动电杆比例积分控制器、从动电杆比例积分控制器、位置比例积分微分控制器,即位置PID控制器、主动电杆电机、从动电杆电机、主动电杆积分运算器,从动电杆积分运算器;

[0066] 所述主动电杆比例积分控制器,用于负反馈闭环控制主动电杆电机,其输入端输入指令速度,其反馈端与主动电杆电机输出端相连,其输出端与主动电杆电机输入端相连;

[0067] 所述主动电杆电机,用于控制主动电杆运动,其输出端还与主动电杆积分运算器相连;

[0068] 所述主动电杆积分运算器,用于计算主动电杆实时位置,其输出端与位置PID控制器第一输入端相连;

[0069] 所述位置PID控制器,用于根据主动电杆实时位置和从动电杆实时位置,修正指令速度;其第一输入端与所述主动电杆积分运算器输出端相连,其第二输入端与所述从动电杆积分运算器输出端相连,其输出端与从动电杆比例积分控制器相连;

[0070] 所述从动电杆比例积分控制器,用于负反馈闭环控制从动电杆电机,其输入端与位置PID控制器输出端相连,其反馈端与从动电杆电机输出端相连,其输出端与从动电杆电机输入端相连;

[0071] 所述从动电杆电机,用于控制从动电杆运动,其输出端还与从动电杆积分运算器相连;

[0072] 所述从动电杆积分运算器,用于计算从东电感实时位置,其输出端与位置PID控制器第二输入端相连。

[0073] 以下为实施例:

[0074] 实施例1

[0075] 一种汽车电动尾门双杆同步的控制装置,如图2所示,包括:主动电杆比例积分控制器、从动电杆比例积分控制器、位置PID控制器、主动电杆电机、从动电杆电机、主动电杆积分运算器,从动电杆积分运算器;

[0076] 所述主动电杆比例积分控制器,用于负反馈闭环控制主动电杆电机,其输入端输入指令速度,其反馈端与主动电杆电机输出端相连,其输出端与主动电杆电机输入端相连;

[0077] 所述主动电杆电机,用于控制主动电杆运动,其输出端还与主动电杆积分运算器相连;

[0078] 所述主动电杆积分运算器,用于计算主动电杆实时位置,其输出端与位置PID控制器第一输入端相连;

[0079] 所述位置PID控制器,用于根据主动电杆实时位置和从动电杆实时位置,修正指令速度;其第一输入端与所述主动电杆积分运算器输出端相连,其第二输入端与所述从动电杆积分运算器输出端相连,其输出端与从动电杆比例积分控制器相连;

[0080] 所述从动电杆比例积分控制器,用于负反馈闭环控制从动电杆电机,其输入端与位置PID控制器输出端相连,其反馈端与从动电杆电机输出端相连,其输出端与从动电杆电机输入端相连;



[0081] 所述从动电杆电机,用于控制从动电杆运动,其输出端还与从动电杆积分运算器相连;

[0082] 所述从动电杆积分运算器,用于计算从东电感实时位置,其输出端与位置PID控制器第二输入端相连。

[0083] 实施例2

[0084] 一种汽车电动尾门双杆同步的控制方法,通过实施例1提供的装置实现,如图3所示,具体步骤如下:

[0085] S1,采集外部指令速度、主动电杆电机、从动电杆电机的实时状态信息。

[0086] 具体地,外部速度指令信息由电动尾门控制器系统的速度规划器产生,本实施例只是被动接收所述速度规划器产生的速度指令;主动电杆电机和从动电杆电机的实时状态信息包括其实时转速和电杆的实时位移,电机的实时转速由安装在每个电机上的霍尔编码器获得,主动电杆和从动电杆实时位移分别由其实时转速经过时间积分得到。

[0087] 进一步地,在本实施例中,外部速度指令标记为 $V$ ,主动、从动电杆电机的实时转速分别标记为 $Speed1$ 和 $Speed2$ ,主动、从动电杆实时位置标记为 $Position1$ 和 $Position2$ 。

[0088] S2,主动电杆速度闭环控制:

[0089] 根据步骤S1中采集的外部指令速度和作为反馈信息的主动电杆的实时转速速度进行速度闭环控制,使主电动推杆的实时速度以设计的偏差指标紧紧跟随外部速度指令,速度闭环控制原理框图如图2所示。进一步地,在本发明的实施例中,选取左电动推杆为主动电杆,选取右电动推杆为从动电杆。将外部速度指令 $V$ 与主动电杆实时速度 $Speed1$ 做差值计算,所得的差值信息作为主动电杆比例积分控制器的输入,主电杆速度差值信息经过比例积分控制器运算后得到主动电杆驱动电机的输出 $Out1$ ,传送到主动电杆,即左电杆的电机驱动电路,以驱动左电杆电机运动。

[0090] 控制流程转入S3步骤。

[0091] S3,从动电杆位置同步控制:

[0092] 根据步骤S1中采集的从动电杆驱动电机的实时速度反馈信息进行速度闭环控制,能使从电杆的实时速度以设计的偏差指标要求紧紧跟随输入的速度指令。

[0093] 在步骤S3中,对从动电杆速度指令的基本参考值进行计算。在本发明的实施例中,首先根据外部速度指令 $V$ ,与从电杆驱动电机获取的实时速度  $Speed2$ 做差值,得到从动电杆速度偏差值。为实现主从电杆的位置同步控制,按照以下方法,以对从电杆的速度指令参考值进行修正。

[0094] 从动电杆速度偏差值输入指令修正。

[0095] 从动电杆速度指令的修正基于从电杆与主电杆之间的位置偏差信息,此偏差信息经过所述位置PID控制器进行运算,得到一个速度修正值,该修正值与从动电杆速度偏差值相加,并将相加后的结果作为从电杆速度闭环的最终输入指令值。在本发明的实施例中,将主电杆位置与从电杆位置的差值信息 ( $Position1-Position2$ ) 作为位置PID运算的输入,如图2所示。控制流程转入闭环控制。

[0096] 对从电动推杆的速度进行闭环控制,具体如下:

[0097] 根据所述修正后的从动电杆速度偏差值,闭环控制器能使从电杆的实时速度以设计的偏差指标要求紧紧跟随输入的速度指令。进一步地,在本实施例中,从动电杆速度偏差

值经过比例积分控制器运算后得到从电杆驱动电机的输出Out2,传送到从动电杆即右电杆的电机驱动电路,以驱动右电杆电机运动。

[0098] 在本实施例中,左电杆电机速度闭环比例积分控制器使用传统的控制率,如图4所示,其计算公式如下:

$$[0099] \quad Out1 = K_{p\_s} [e_s(t) + \frac{1}{T_{i\_s}} \int e_s(t) dt]$$

[0100] 其中,Out1为主动电杆电机的更新主动转速, $e_s(t)$ 为所述主动电杆速度偏差值, $K_{p\_s}$ 为对所述主动电杆速度偏差做比例积分运算的比例系数, $T_{i\_s}$ 为对速度偏差做时间积分运算的时间系数。

[0101] 在本发明的实施例中, $K_{p\_s}$ 、 $T_{i\_s}$ 参数的确定采用工程上常用的试凑法,所述比例积分参数的确定过程如下:

[0102] 1) 令 $T_{i\_s}$ 为0,将左杆电机的转速指令V设置为1500rpm,从0开始以10为步长逐渐增大 $K_{p\_s}$ 的值,直到电机的实时转速出现少量超调;

[0103] 2) 保持 $K_{p\_s}$ 的值不变,从0.01开始以5为步长逐渐增大 $T_{i\_s}$ 的值,直到电机的实时转速最终稳定在1450rpm~1550rpm范围内,将此时的 $T_{i\_s}$ 记录下来;

[0104] 3) 将1)中调整好的 $K_{p\_s}$ 乘以0.8之后的值作为比例积分控制器最终的比例参数,将2)中调整好的 $T_{i\_s}$ 作为比例积分控制器最终的积分参数。

[0105] 在本发明的实施例中,右电杆电机所使用速度闭环比例积分控制器的控制率和参数整定过程与左杆电机速度闭环比例积分控制器的实施过程一致。

[0106] 右电杆电机速度闭环比例积分控制器使用传统的控制率,其计算公式如下

$$[0107] \quad Out2 = K_{p\_r} [e_r(t) + \frac{1}{T_{i\_r}} \int e_r(t) dt]$$

[0108] 其中,Out2为更新从动转速, $e_r(t)$ 为从动电杆速度偏差值和从动电杆实时转速的差值, $K_{p\_r}$ 为对所述从动电杆速度偏差值做比例运算的比例系数, $T_{i\_r}$ 为对所述从动电杆速度偏差值做时间积分运算的时间系数

[0109] 在本实施例中,所述主从电杆之间位置偏差的位置PID控制器,其控制率计算公式如下:

$$[0110] \quad u_p(t) = K_{p\_p} [e_p(t) + \frac{1}{T_{i\_p}} \int e_p(t) dt + T_{d\_p} \frac{de(t)}{dt}]$$

[0111] 其中, $u_p(t)$ 为更新后的从动电杆速度偏差信息, $e_p(t)$ 为主动电杆位置与从动电杆位置的差值, $de(t)$ 为从动电杆速度偏差值, $K_{p\_p}$ 为对所述从动电杆速度偏差值做比例运算的比例系数, $T_{i\_p}$ 为对所述从动电杆速度偏差值做时间积分运算的时间系数, $T_{d\_p}$ 为对所述从动电杆速度偏差值做时间微分运算的时间系数。

[0112] 在本发明的实施例中, $K_{p\_p}$ 、 $T_{i\_p}$ 和 $T_{d\_p}$ 三个参数的整定采用工程上常用的试凑法,所述位置偏差PID参数的整定过程如下:

[0113] 1) 令 $T_{i\_p}$ 和 $T_{d\_p}$ 为0,将主电杆电机的转速指令V设置为1500rpm,从0开始以10为步长逐渐增大 $K_{p\_p}$ 的值,并实时记录主从电杆的位置信息。当从电杆的实时位置相对于主电杆出现少量超调时,则完成 $K_{p\_p}$ 参数的整定;

[0114] 2) 保持 $K_{p\_p}$ 的值不变,从0.01开始以1为步长逐渐增大 $T_{i\_p}$ 的值,并实时记录主从电

杆的位置信息,当主从电杆的位置偏差稳定在5个电机编码器脉冲以内时,所述 $T_{i\_p}$ 参数整定完毕,将此时的 $T_{i\_p}$ 记录下来;

[0115] 3) 保持 $K_{p\_p}$ 和 $T_{i\_p}$ 的值不变,从0开始以0.02的步长逐渐增大 $T_{d\_p}$ 的值,并实时记录主从电杆的位置信息,当从电杆位置相对于主电杆位置出现第一次超调到位置偏差稳定的时间最小且超调量最小时, $T_{d\_p}$ 参数的整定完成。

[0116] 4) 将1)步骤中整定好的 $K_{p\_p}$ 乘以0.8、2)步骤中整定好的 $T_{i\_p}$ 以及3)步骤中整定好的 $T_{d\_p}$ 参数作为所述位置PID控制器的最终参数。

[0117] 在某型SUV汽车的电动尾门上进行本发明实例的控制控制效果测试。针对尾门电动开启的过程,第一次测试为左右电杆分别进行独立控制,所述左右电杆接收的是同一个速度指令,分别由各自的速度闭环控制完成对速度指令的跟踪。该次测试中,尾门被控制开启到最大开度的三分之二处,所述左右电杆的位置信息如图5A所示。第二次测试则加入本发明所述的位置同步运动控制方法,从电杆对主电杆的位置进行实时跟踪。该次测试中,尾门被控制开启到最大允许角度处,左右电杆的位置信息如图5B所示。由图5可以看出,如果尾门的左右电动推杆之间不进行位置同步控制,尾门左右电杆之间的位置存在偏差,且该偏差随着尾门开启角度的增大而不断累积,会导致尾门两个受力不平衡,长此以往必会造成尾门的变形。而当对左右电杆执行本发明所述的位置同步控制时,即使将尾门打开到最大开度,左右杆之间的最终位置偏差依然满足设计要求,避免了尾门由于左右杆位置不同步造成变形的情况发生,表明了本发明所述方法的有效性和实用性。

[0118] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

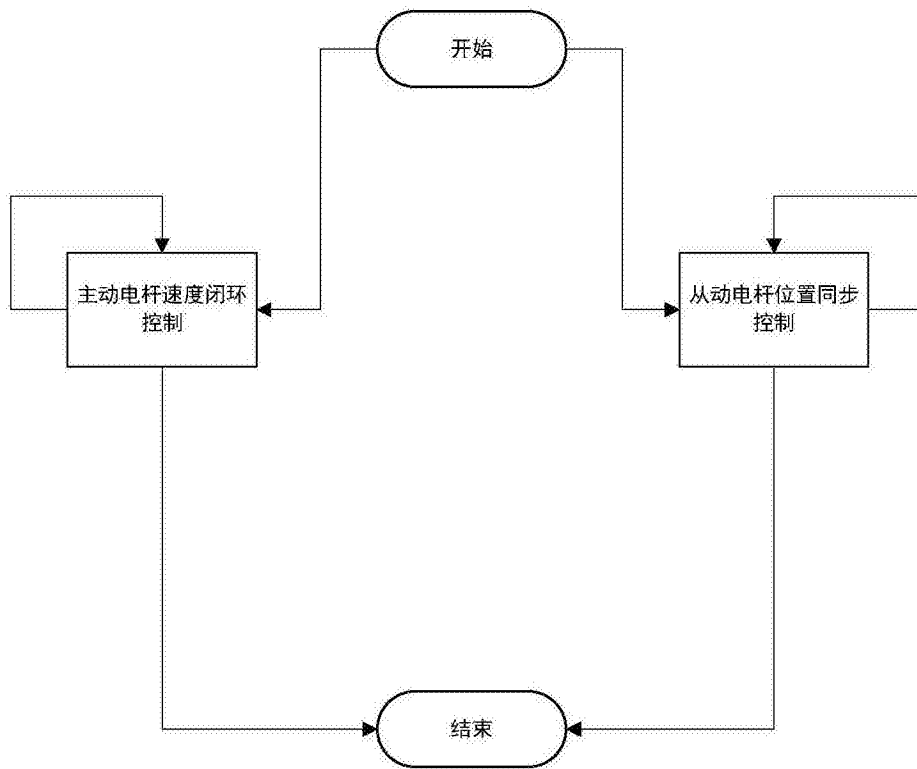


图1

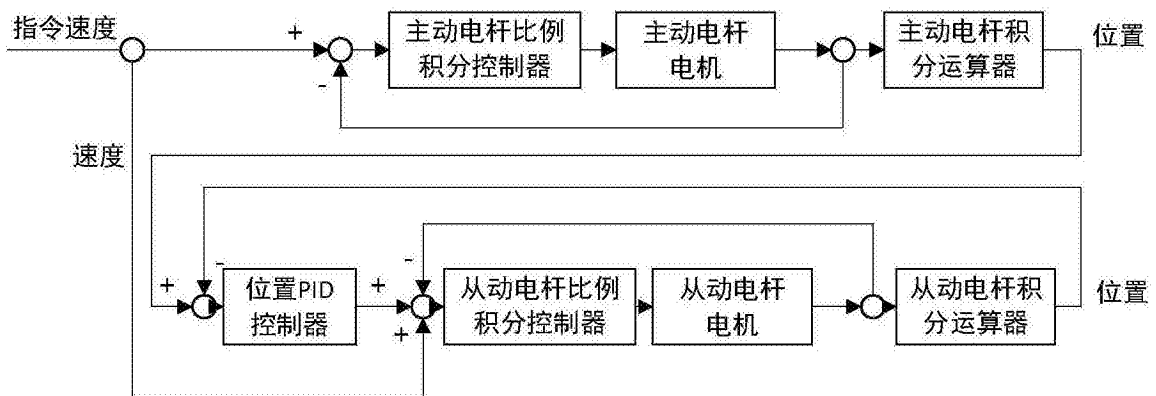


图2

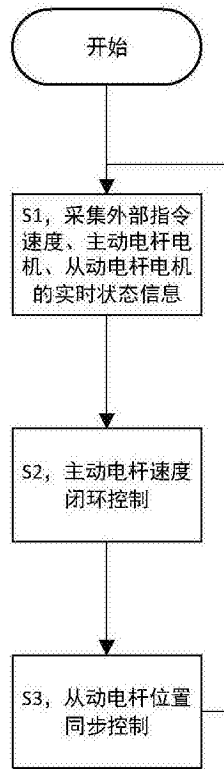


图3

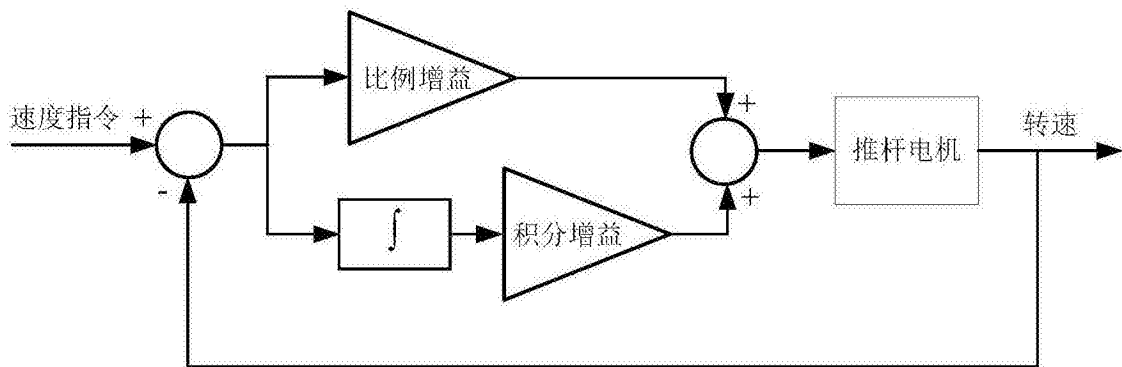


图4

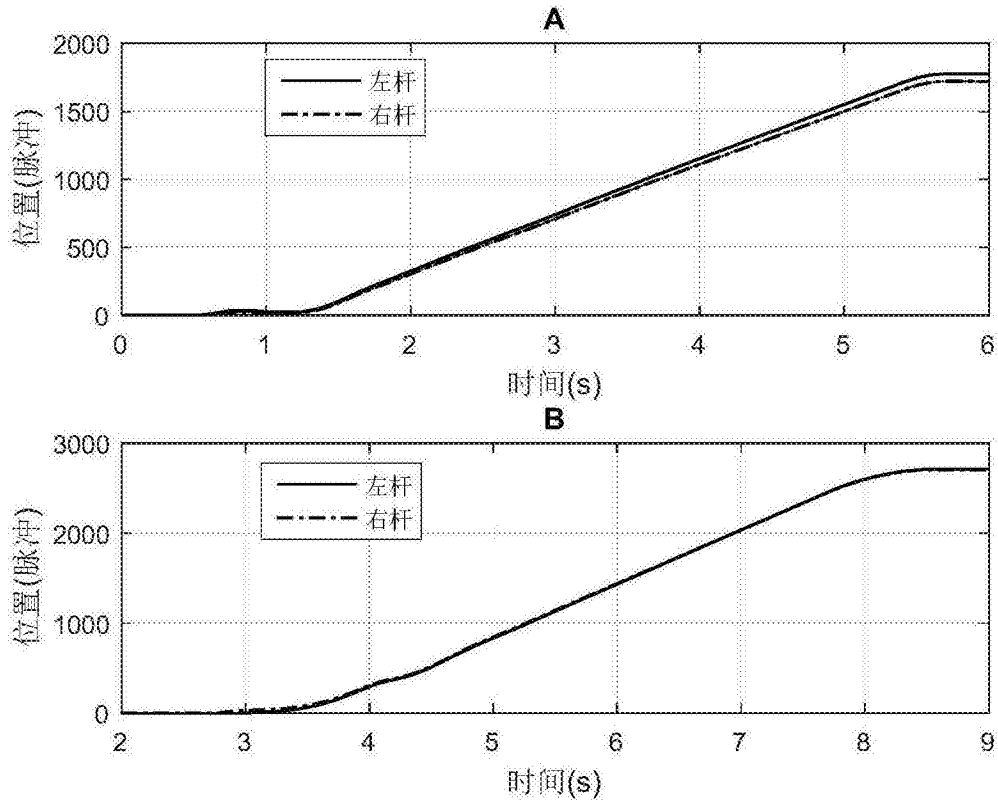


图5