



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110901413 B

(45) 授权公告日 2023. 04. 07

(21) 申请号 201911261629.0

(22) 申请日 2019.12.10

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110901413 A

(43) 申请公布日 2020.03.24

(73) 专利权人 合肥阳光电力科技有限公司  
地址 230088 安徽省合肥市高新区梧桐路  
88号2幢

(72) 发明人 付凤超 于安博 王辉

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司  
11332  
专利代理师 孟金喆

(51) Int. Cl.  
B60L 15/20 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 2015035943 A, 2015.02.19

JP 2004096822 A, 2004.03.25

CN 107215244 A, 2017.09.29

审查员 武宁宁

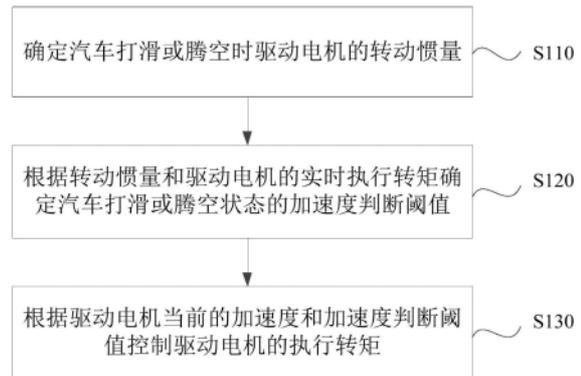
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

汽车转矩控制方法和装置

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种汽车转矩控制方法和装置,该方法包括:确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量,根据转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值,根据驱动电机当前的加速度和加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩。本实施例的技术方案,缓解了现有技术中的汽车转矩控制方案需要增加车辆制造成本,容易出现误判或漏判车辆打滑或腾空状态从而危害汽车传动系统的技术问题,能够在不增加硬件外设的情况下判断汽车打滑或腾空状态,根据当前的执行转矩实时调整汽车打滑或腾空状态的判定依据,提升了状态判断的准确性和转矩控制的时效性,降低了误报或漏报故障的风险,保证了汽车传动系统安全稳定运行。



1. 一种汽车转矩控制方法,其特征在于,包括:

确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量;

根据所述转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值;

根据驱动电机当前的加速度和所述加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩,通过汽车打滑或腾空状态下驱动电机的转动惯量和当前状态下的实时执行转矩确定汽车状态的加速度判断依据,以根据汽车当前状态实时调整加速度判断阈值,并控制驱动电机的执行转矩;

其中,所述转动惯量为理想打滑或腾空测试状态下驱动电机的转动惯量;

根据所述转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值,包括:

根据所述转动惯量和所述实时执行转矩计算理想打滑或腾空测试状态下驱动电机的测试加速度;

根据所述测试加速度和最大加速度的关系确定所述加速度判断阈值;

其中,所述最大加速度为汽车正常行驶时电机的峰值执行转矩对应的加速度;

根据所述测试加速度和最大加速度的关系确定所述加速度判断阈值,包括:

根据所述测试加速度确定第一加速度,若所述第一加速度大于所述最大加速度,则将所述第一加速度设置为所述加速度判断阈值;

若所述第一加速度小于或等于所述最大加速度,则将所述最大加速度设置为所述加速度判断阈值;

其中,根据驱动电机当前的加速度和所述加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩,包括:

若驱动电机当前的加速度大于所述加速度判断阈值,则减小驱动电机的执行转矩,直到驱动电机当前的加速度等于最大加速度;

其中,减小驱动电机的执行转矩,包括:

将驱动电机的执行转矩乘以设定系数,所述设定系数大于0且小于或等于1。

2. 根据权利要求1所述的汽车转矩控制方法,其特征在于,所述测试加速度计算为:

$$a_{Slip} = \frac{T_e \times 9.55}{J_{Slip}}$$

其中, $a_{Slip}$ 是所述测试加速度, $T_e$ 是所述实时执行转矩, $J_{Slip}$ 是所述转动惯量。

3. 根据权利要求1所述的汽车转矩控制方法,其特征在于,所述第一加速度为设定系数倍的测试加速度。

4. 根据权利要求1所述的汽车转矩控制方法,其特征在于,减小驱动电机的执行转矩,包括:

通过转矩补偿值按第一设定步长减小驱动电机的执行转矩。

5. 根据权利要求4所述的汽车转矩控制方法,其特征在于,还包括:

若驱动电机当前加速度降低到所述最大加速度,则按第二设定步长调整所述转矩补偿值。

6. 一种汽车转矩控制装置,其特征在于,包括:

转动惯量确定模块,用于确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量;

加速度判断阈值确定模块,用于根据所述转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值;

加速度判断阈值确定模块还用于:根据转动惯量和实时执行转矩计算理想打滑或腾空测试状态下驱动电机的测试加速度;根据测试加速度和最大加速度的关系确定加速度判断阈值;

加速度判断阈值确定模块还用于:根据测试加速度确定第一加速度,若第一加速度大于最大加速度,则将第一加速度设置为加速度判断阈值;若第一加速度小于或等于最大加速度,则将最大加速度设置为加速度判断阈值;

执行转矩控制模块,用于根据驱动电机当前的加速度和所述加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩;

执行转矩控制模块,还用于若驱动电机当前的加速度大于所述加速度判断阈值,则减小驱动电机的执行转矩,直到驱动电机当前的加速度等于最大加速度;

其中,减小驱动电机的执行转矩,包括将驱动电机的执行转矩乘以设定系数,所述设定系数大于0且小于或等于1。

## 汽车转矩控制方法和装置

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及电机控制技术领域,尤其涉及一种汽车转矩控制方法和装置。

### 背景技术

[0002] 电动汽车具有起动转矩大的特点,在雪地、冰或碎石路面等低附路况容易出现打滑现象,在汽车通过颠簸路面时,车轮有腾空现象。无论出现打滑还是腾空,汽车电机驱动轮转速都会迅速升高,威胁汽车传动系统的稳定性。

[0003] 目前通常的解决办法包括两种,一种是安装额外的硬件设备,实时检测驱动轮与非驱动轮的转速。正常情况下驱动轮与非驱动轮的转速相同,当出现打滑或腾空时,驱动轮转速会迅速增加,非驱动轮转速变化不大,可以检测驱动轮与非驱动轮的转速差判断是否处于打滑或腾空状态。另一种方案是实时检测电机转速,由于电机转速与车轮转速比值一定,如果一段时间内电机转速提升较快,则车轮转速也迅速提升,则认为车轮处于打滑或腾空状态。通过上述两种方案检测到车辆打滑或腾空后,降低执行转矩,防止电机转速继续上升。

[0004] 然而,增设测速的硬件设备的方案会增加车辆的制造成本,实时检测电机转速的方案仅考虑电机转速与车轮转速比值,未考虑到其他因素对车辆状态的影响,且其判定阈值固定,容易出现误判从而误触腾空保护,或漏判从而无法及时进行腾空保护等情况,给汽车传动系统的安全性和稳定性带来了极大危害。现有技术中,缺少在不额外增加硬件外设的情况下准确判断汽车打滑或腾空状态的方案。

### 发明内容

[0005] 本发明实施例提供一种汽车转矩控制方法和装置,以优化数据异常分析监测过程的指标配置方案,减少配置工作量。

[0006] 第一方面,本发明实施例提供了一种汽车转矩控制方法,该方法包括:

[0007] 确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量;

[0008] 根据所述转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值;

[0009] 根据驱动电机当前的加速度和所述加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩。

[0010] 可选地,所述转动惯量为理想打滑或腾空测试状态下驱动电机的转动惯量;

[0011] 根据所述转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值,包括:

[0012] 根据所述转动惯量和所述实时执行转矩计算理想打滑或腾空测试状态下驱动电机的测试加速度;

[0013] 根据所述测试加速度和最大加速度的关系确定所述加速度判断阈值。

[0014] 可选地,所述测试加速度计算为:

$$[0015] \quad a_{Slip} = \frac{T_e \times 9.55}{J_{Slip}}$$

[0016] 其中,  $a_{Slip}$  是所述测试加速度,  $T_e$  是所述实时执行转矩,  $J_{Slip}$  是所述转动惯量。

[0017] 可选地, 所述最大加速度为汽车正常行驶时电机的峰值执行转矩对应的加速度;

[0018] 根据所述测试加速度和最大加速度的关系确定所述加速度判断阈值, 包括:

[0019] 根据所述测试加速度确定第一加速度, 若所述第一加速度大于所述最大加速度, 则将所述第一加速度设置为所述加速度判断阈值;

[0020] 若所述第一加速度小于或等于所述最大加速度, 则将所述最大加速度设置为所述加速度判断阈值。

[0021] 可选地, 所述第一加速度为设定系数倍的测试加速度。

[0022] 可选地, 根据驱动电机当前的加速度和所述加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩, 包括:

[0023] 若驱动电机当前的加速度大于所述加速度判断阈值, 则减小驱动电机的执行转矩, 直到驱动电机当前的加速度等于最大加速度。

[0024] 可选地, 减小驱动电机的执行转矩, 包括:

[0025] 通过转矩补偿值按第一设定步长减小驱动电机的执行转矩。

[0026] 可选地, 该方法还包括:

[0027] 若驱动电机当前加速度降低到所述最大加速度, 则按第二设定步长调整所述转矩补偿值。

[0028] 可选地, 减小驱动电机的执行转矩, 包括:

[0029] 将驱动电机的执行转矩乘以设定系数, 所述设定系数大于0且小于或等于1。

[0030] 第二方面, 本发明实施例还提供了一种汽车转矩控制装置, 该装置包括:

[0031] 转动惯量确定模块, 用于确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量;

[0032] 加速度判断阈值确定模块, 用于根据所述转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值;

[0033] 执行转矩控制模块, 用于根据驱动电机当前的加速度和所述加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩。

[0034] 本发明实施例提供了一种汽车转矩控制方法和装置, 该方法包括: 确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量, 根据转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值, 根据驱动电机当前的加速度和加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩, 通过汽车打滑或腾空状态下驱动电机的转动惯量和当前状态下的实时执行转矩确定汽车状态的加速度判断依据, 以根据汽车当前状态实时调整加速度判断阈值, 并控制驱动电机的执行转矩。本实施例的技术方案, 缓解了现有技术中的汽车转矩控制方案需要增加车辆制造成本, 容易出现误判或漏判车辆打滑或腾空状态从而危害汽车传动系统的技术问题, 能够在不增加硬件外设的情况下判断汽车打滑或腾空状态, 根据当前的执行转矩实时调整汽车打滑或腾空状态的判定依据, 提升了状态判断的准确性和转矩控制的时效性, 降低了误报或漏报故障的风险, 保证了汽车传动系统安全稳定运行。

## 附图说明

- [0035] 图1是本发明实施例提供的一种汽车转矩控制方法的流程示意图；  
 [0036] 图2是本发明实施例提供的另一种汽车转矩控制方法的流程示意图；  
 [0037] 图3是本发明实施例提供的另一种汽车转矩控制方法的流程示意图；  
 [0038] 图4是本发明实施例提供的另一种汽车转矩控制方法的流程示意图；  
 [0039] 图5是本发明实施例提供的另一种汽车转矩控制方法的流程示意图；  
 [0040] 图6是本发明实施例提供的另一种汽车转矩控制方法的流程示意图；  
 [0041] 图7是本发明实施例提供的一种汽车转矩控制装置的模块结构示意图。

## 具体实施方式

[0042] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是，此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明，而非对本发明的限定。另外还需要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与本发明相关的部分而非全部结构。

[0043] 图1是本发明实施例提供的一种汽车转矩控制方法的流程示意图。本实施例可适用于在汽车打滑或腾空时及时控制驱动电机的执行转矩的情况，该方法可以由汽车转矩控制装置执行，该装置可以采用软件和/或硬件的方式实现，该装置可配置于电子设备中，例如服务器或终端设备，典型的终端设备包括电脑等。如图1所示，该方法具体可以包括：

[0044] S110、确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量。

[0045] 具体地，汽车在冰雪路面或碎石路面加速时，由于车轮与地面附着力较小，车子会出现打滑现象。在汽车通过减速带或颠簸路面时，车轮存在短时间离地腾空的现象。无论是打滑时还是腾空时，折合到汽车驱动电机轴上的转动惯量比正常情况下小很多，车轮与地面摩擦转矩变小，若此时施加大转矩时，电机转速会迅速升高，动力系统容易失控。因而，可以预先确定汽车处于打滑或腾空状态下的转动惯量，以通过转动惯量确定汽车当前的状态。

[0046] S120、根据转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值。

[0047] 具体地，汽车驱动电机的运动学方程如式(1)所示：

$$[0048] \quad J \frac{d\omega}{dt} = T_e - T_L \quad (1)$$

[0049] 其中，J为电机的转动惯量， $\omega$ 为角速度，t为时间， $T_e$ 为执行转矩， $T_L$ 为负载转矩。

[0050] 根据运动学方程式(1)，可得到电机的加速度a表达式(2)：

$$[0051] \quad a = \frac{d\omega}{dt} = \frac{(T_e - T_L)}{J} \quad (2)$$

[0052] 电机的转速spd与角速度 $\omega$ 的关系如式(3)所示：

$$[0053] \quad spd = \frac{\omega}{2\pi} \times 60 = 9.55\omega \quad (3)$$

[0054] 将式(3)带入到式(2)中，得到式(4)：

$$[0055] \quad a = \frac{\Delta spd}{\Delta t} = \frac{(T_e - T_L) \times 9.55}{J} \quad (4)$$

[0056] 由式(4)可知,正常情况下,加速度值与转动惯量值成反比,与执行转矩和负载转矩的差值成正比,可以通过驱动电机的实时执行转矩和转动惯量确定电机的加速度a,根据汽车打滑或腾空状态下的加速度值确定该状态下的加速度判断阈值,作为汽车状态的判断依据。

[0057] S130、根据驱动电机当前的加速度和加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩。

[0058] 示例性地,可以实时比较驱动电机当前的加速度和加速度判断阈值,若当前的加速度超过加速度判断阈值,则确定汽车当前处于打滑或腾空状态,同时控制驱动电机的执行转矩,例如主动减小执行转矩,防止电机转速继续上升,从而避免动力系统失控。

[0059] 现有技术中应用于低附路面的汽车转矩控制方法一般通过固定的判断阈值来确定汽车是否处于打滑或腾空状态。通过本发明实施例中的分析可知,实际上驱动电机的加速度值不仅与打滑或腾空状态有关,还与此时汽车的实时执行转矩有关,如果汽车的执行转矩不同,设置相同的判断阈值,容易出现误判从而误触腾空保护,或漏判从而无法及时进行腾空保护等情况,给汽车传动系统的安全性和稳定性带来了极大危害。

[0060] 本发明实施例提供了一种汽车转矩控制方法,该方法包括:确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量,根据转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值,根据驱动电机当前的加速度和加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩,通过汽车打滑或腾空状态下驱动电机的转动惯量和当前状态下的实时执行转矩确定汽车状态的加速度判断依据,以根据汽车当前状态实时调整加速度判断阈值,并控制驱动电机的执行转矩。本实施例的技术方案,缓解了现有技术中的汽车转矩控制方案需要增加车辆制造成本,容易出现误判或漏判车辆打滑或腾空状态从而危害汽车传动系统的技术问题,能够在不增加硬件外设的情况下判断汽车打滑或腾空状态,根据当前的执行转矩实时调整汽车打滑或腾空状态的判定依据,提升了状态判断的准确性和转矩控制的时效性,降低了误报或漏报故障的风险,保证了汽车传动系统安全稳定运行。

[0061] 图2是本发明实施例提供的另一种汽车转矩控制方法的流程示意图。本实施例在上述实施例的基础上,进一步优化了上述加速度判断阈值的确定方法。相应的,如图2所示,本实施例的方法具体包括:

[0062] S210、确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量。

[0063] 可选地,汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量可以是理想打滑或腾空测试状态下驱动电机的转动惯量。

[0064] 打滑或腾空时汽车传动系统的转动惯量、轮胎与地面的摩擦力都发生了变化。正常情况下,汽车在路面上行驶,驱动电机的转动惯量包括车身、车上乘客或货物、汽车传动系统等总的惯量折合到电机轴上的转动惯量。在腾空或打滑时,折合到电机轴上的转动惯量仅有汽车传动系统的转动惯量。后者要比前者小大约5到10倍。

[0065] 示例性地,可以通过理想打滑或腾空测试来计算该状态下的转动惯量,具体的测试方法可以是:通过举升机架起汽车,保证汽车处于离地状态,以模拟打滑或腾空状态;从汽车静止开始,向驱动电机施加 $T_{eSet}$ 的执行转矩,使汽车开始升速;记录汽车由静止升速至设定转速 $SpdSet2$ 之间所使用的时间 $t2$ 。正常行驶情况下,车辆的负载转矩主要是轮胎与

地面的摩擦转矩。发生腾空或打滑时,轮胎与地面的摩擦转矩较低,可以忽略不计。因而根据式(4),可得到汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量如式(5)所示:

$$[0066] \quad J_{slip} = \frac{TeSet \times 9.55}{\frac{SpdSet2}{t2}} \quad (5)$$

[0067] S220、根据转动惯量和实时执行转矩计算理想打滑或腾空测试状态下驱动电机的测试加速度。

[0068] 示例性地,得到打滑或腾空时驱动电机的转动惯量 $J_{slip}$ 后,可以根据式(4)计算打滑或腾空状态的加速度值。可选地,该理想测试条件下的测试加速度 $a_{slip}$ 可以计算为:

$$[0069] \quad a_{slip} = \frac{\Delta spd}{\Delta t} = \frac{T_e \times 9.55}{J_{slip}} \quad (6)$$

[0070] 其中, $a_{slip}$ 是测试加速度, $T_e$ 是实时执行转矩, $J_{slip}$ 是转动惯量。由式(6)可知,汽车打滑或腾空条件下,加速度值与实时执行转矩 $T_e$ 成正比,由于转动惯量 $J_{slip}$ 是固定值,因而测试加速度 $a_{slip}$ 的值取决于实时执行转矩 $T_e$ 的值。

[0071] S230、根据测试加速度和最大加速度的关系确定加速度判断阈值。

[0072] 示例性地,最大加速度可以是正常情况下汽车能够达到的最大加速度值。由于测试加速度 $a_{slip}$ 的值随汽车实时执行转矩的值改变,因而可以随时根据测试加速度和最大加速度的大小关系来确定加速度判断阈值。

[0073] S240、根据驱动电机当前的加速度和加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩。

[0074] 本实施例的技术方案,通过理想测试条件得到汽车打滑或腾空状态的转动惯量,根据该转动惯量和实时执行转矩确定测试加速度,进而根据测试加速度和最大加速度的关系确定加速度判断阈值,实现了根据实时执行转矩动态调整加速度判断阈值,提升了汽车状态判断的准确性。

[0075] 图3是本发明实施例提供的另一种汽车转矩控制方法的流程示意图。本实施例在上述实施例的基础上,进一步优化了上述基于测试加速度和最大加速度的关系确定加速度判断阈值的方法。相应的,如图3所示,本实施例的方法具体包括:

[0076] S310、确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量。

[0077] S320、根据转动惯量和实时执行转矩计算理想打滑或腾空测试状态下驱动电机的测试加速度。

[0078] S330、根据测试加速度确定第一加速度。

[0079] 可选地,第一加速度为设定系数倍的测试加速度。

[0080] 具体地,第一加速度可以是打滑或腾空条件下驱动电机加速度的实际值,由于测试加速度为理想测试条件下的加速度值,实际打滑或腾空条件下,轮胎与地面之间存在一定的阻力,因而实际的第一加速度的值稍小于测试加速度的值,可以设置设定系数 $k$ ,取值范围为 $0 \sim 1$ ,确定设定系数 $k$ 倍的测试加速度为第一加速度,例如,第一加速度可以是 $0.5$ 倍的测试加速度。

[0081] S340、判断第一加速度是否大于最大加速度。

[0082] 可选地,最大加速度为汽车正常行驶时电机的峰值执行转矩对应的加速度。驱动

电机在峰值执行转矩下,汽车能够达到最大加速度值。

[0083] 示例性地,汽车驱动电机的最大加速度可通过如下测试方法确定:控制汽车由静止起步,满踩油门,为驱动电机施加峰值执行转矩,汽车空载,负载转矩为理论最小值,使汽车驱动电机由静止加速到设定转速SpdSet1,并记录这段加速时间t1,则该车驱动电机正常情况下的最大加速度值为:

$$a_{norm\ max} = \frac{\Delta spd}{\Delta t} = \frac{SpdSet1}{t1}$$

[0084]

(7)

[0085] 由于第一加速度的值随汽车实时执行转矩的变化而变化,因而可以根据第一加速度和最大加速度的大小随时调整加速度判断阈值。

[0086] 若第一加速度大于最大加速度,则执行S350;若第一加速度小于或等于最大加速度,则执行S360。

[0087] S350、将第一加速度设置为加速度判断阈值。

[0088] 由于汽车加速度在短期内超过最大加速度 $a_{norm\ max}$ 时,汽车传动系统仍然可控,因而若第一加速度大于最大加速度 $a_{norm\ max}$ ,直接将第一加速度设置为当前的加速度判断阈值即可,当汽车当前的加速度值超过第一加速度后,再对驱动电机的执行转矩进行控制。

[0089] S360、将最大加速度设置为加速度判断阈值。

[0090] 若第一加速度小于或等于最大加速度 $a_{norm\ max}$ ,由于汽车当前的加速度值处于第一加速度和最大加速度 $a_{norm\ max}$ 之间时,即使汽车发生打滑或腾空,汽车传动系统也处在可控范围内,因而可以将最大加速度 $a_{norm\ max}$ 设置为加速度判断阈值,当汽车当前的加速度值超过最大加速度 $a_{norm\ max}$ 后,再对驱动电机的执行转矩进行控制。

[0091] 综上所述,汽车腾空或打滑状态的加速度判断阈值 $a_{Set}$ 如式(8)所示:

$$a_{Set} = \begin{cases} k \times a_{Slip} & k \times a_{Slip} > a_{norm\ max} \\ a_{norm\ max} & k \times a_{Slip} \leq a_{norm\ max} \end{cases} \quad (8)$$

[0093] 其中, $k \times a_{Slip}$ 为第一加速度。

[0094] S370、根据驱动电机当前的加速度和加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩。

[0095] 本实施例的技术方案,根据第一加速度和最大加速度的大小关系实时动态调整加速度判断阈值,提升了汽车打滑或腾空状态判断的准确性,并实时根据当前加速度和加速度判断阈值的关系,在汽车传动系统处于不可控状态,或汽车处于打滑或腾空状态时及时控制驱动电机的执行转矩,保证了汽车传动系统的安全性和稳定性。

[0096] 图4是本发明实施例提供的另一种汽车转矩控制方法的流程示意图。本实施例在上述实施例的基础上,进一步优化了上述基于驱动电机当前的加速度和加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩的方法。相应的,如图4所示,本实施例的方法具体包括:

[0097] S410、确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量。

[0098] S420、根据转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值。

[0099] S430、比较驱动电机当前的加速度与加速度判断阈值。

[0100] 示例性地,可以通过设定时间内驱动电机转速的变化量计算驱动电机当前的加速度 $a(k)$ ,如式(9)所示:

$$[0101] \quad a(k) = \frac{\Delta Spd}{\Delta t} = \frac{Spd(k) - Spd(k-1)}{\Delta t} \quad (9)$$

[0102] 其中, $Spd(k)$ 为当前计算周期的转速值, $Spd(k-1)$ 为前一计算周期的转速值,加速度的计算周期,例如可以是10ms,那么 $\Delta t$ 为固定值10ms,可以每隔10ms计算一次驱动电机当前的加速度值。

[0103] 可以比较驱动电机当前的加速度 $a(k)$ 与加速度判断阈值 $a_{Set}$ ,若 $a(k) > a_{Set}$ ,则确定汽车处于打滑或腾空状态,将打滑或腾空状态SlipState置位,若 $a(k) < a_{normmax}$ ,则确定汽车处于正常状态,将打滑或腾空状态SlipState复位。

[0104] 若驱动电机当前的加速度大于加速度判断阈值,则执行S440;若驱动电机当前的加速度小于或等于最大加速度,则执行S450。

[0105] S440、减小驱动电机的执行转矩,直到驱动电机当前的加速度等于最大加速度。

[0106] 若驱动电机当前的加速度大于加速度判断阈值,则确定汽车处于打滑或腾空状态,可以减小驱动电机的执行转矩,以降低驱动电机的加速度,直到驱动电机当前的加速度 $a(k)$ 小于或等于最大加速度 $a_{normmax}$ 。

[0107] S450、保持驱动电机当前的执行转矩。

[0108] 若已经判定汽车处于打滑或腾空状态,且驱动电机当前加速度降低到最大加速度 $a_{normmax}$ ,退出打滑或腾空状态,则不需要继续减小驱动电机的执行转矩,保持驱动电机当前给定的执行转矩继续运行即可。

[0109] 本实施例的技术方案,根据驱动电机当前的加速度与加速度判断阈值的大小关系判定汽车当前是否处于打滑或腾空状态,能够在驱动电机当前的加速度大于加速度判断阈值时及时减小驱动电机的执行转矩,保证驱动电机加速度的不会过高,增强了汽车传动系统的稳定性。

[0110] 图5是本发明实施例提供的另一种汽车转矩控制方法的流程示意图。本实施例在上述实施例的基础上,进一步优化了上述驱动电机的执行转矩的控制方法。相应的,如图5所示,本实施例的方法具体包括:

[0111] S510、确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量。

[0112] S520、根据转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值。

[0113] S530、比较驱动电机当前的加速度与加速度判断阈值。

[0114] 若驱动电机当前的加速度大于加速度判断阈值,则执行S540;若驱动电机当前的加速度小于或等于最大加速度,则执行S550。

[0115] S540、通过转矩补偿值按第一设定步长减小驱动电机的执行转矩,直到驱动电机当前的加速度等于最大加速度。

[0116] 示例性地,当打滑或腾空状态SlipState置位时,可以通过转矩补偿值TorqComp来减小驱动电机的执行转矩,转矩补偿值TorqComp的大小,可以按第一设定步长TorqStep1改变,例如,第一设定步长TorqStep1为1时,转矩补偿值TorqComp可以按照-1、-2、-3……这样变化,逐渐减小驱动电机的执行转矩,直到将驱动电机的加速度降低至最大加速度 $a_{normmax}$ 。

[0117] S550、按第二设定步长调整转矩补偿值。

[0118] 示例性地,若驱动电机当前加速度降低到最大加速度 $a_{normmax}$ ,退出打滑或腾空状态,则不需要继续减小驱动电机的执行转矩。驱动电机的实际执行转矩为给定转矩TorqRef与转矩补偿值TorqComp的和,可以按第二设定步长TorqStep2调整转矩补偿值TorqComp,例如,第二设定步长TorqStep2为1时,转矩补偿值TorqComp可以按照-3、-2、-1、0这样变化,逐渐增大转矩补偿值TorqComp,直到转矩补偿值TorqComp由负值变为0。

[0119] 需要说明的是,转矩补偿值TorqComp、第一设定步长TorqStep1和第二设定步长TorqStep2的具体数值可以结合实际转矩控制情况进行确定,第一设定步长TorqStep1和第二设定步长TorqStep2可以是相同的值,也可以是不同的值,本发明实施例对此不进行限制。

[0120] 本实施例的技术方案,能够在汽车处于打滑或腾空状态时通过转矩补偿值减小驱动电机的执行转矩,直到汽车的加速度恢复正常,在汽车处于正常状态时,将转矩补偿值由负值恢复为0,使驱动电机保持当前执行转矩继续运行,保证了汽车传动系统的安全稳定运行。

[0121] 可选地,减小驱动电机的执行转矩,包括:

[0122] 将驱动电机的执行转矩乘以设定系数,设定系数大于0且小于或等于1。

[0123] 示例性地,当汽车处于打滑或腾空状态时,可以将驱动电机的执行转矩乘以0-1之间的设定系数,例如,在第一个控制周期将驱动电机的执行转矩乘以设定系数0.9,在第二个控制周期将驱动电机的执行转矩乘以设定系数0.9\*0.9,在第三个控制周期将驱动电机的执行转矩乘以设定系数0.9\*0.9\*0.9,⋯,以此类推,逐渐减小驱动电机的执行转矩。可选地,当驱动电机当前加速度降低到最大加速度,退出打滑或腾空状态,则可以将设定系数设置为固定值1,不使驱动电机保持当前执行转矩继续运行。

[0124] 图6是本发明实施例提供的另一种汽车转矩控制方法的流程示意图。本实施例在上述实施例的基础上,进一步优化了上述汽车转矩控制方法。相应的,如图6所示,本实施例的方法具体包括:

[0125] S601、标定汽车的最大加速度。

[0126] 示例性地,汽车驱动电机的最大加速度可通过如下测试方法标定:控制汽车由静止起步,满踩油门,为驱动电机施加峰值执行转矩,汽车空载,负载转矩为理论最小值,使汽车驱动电机由静止加速到设定转速SpdSet1,并记录这段加速时间t1,则该车驱动电机正常情况下的最大加速度值为:

$$[0127] \quad a_{normmax} = \frac{\Delta spd}{\Delta t} = \frac{SpdSet1}{t1}$$

[0128] S602、标定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量。

[0129] 示例性地,可以通过理想打滑或腾空测试来标定该状态下的转动惯量,具体的测试方法可以是:通过举升机架起汽车,保证汽车处于离地状态,以模拟打滑或腾空状态;从汽车静止开始,向驱动电机施加TeSet的执行转矩,使汽车开始升速;记录汽车由静止升速至设定转速SpdSet2之间所使用的时间t2。正常行驶情况下,车辆的负载转矩主要是轮胎与地面的摩擦转矩。发生腾空或打滑时,轮胎与地面的摩擦转矩较低,可以忽略不计。因而汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量可计算为:

$$[0130] \quad J_{Slip} = \frac{TeSet \times 9.55}{\frac{SpdSet2}{t2}}$$

[0131] S603、根据驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空测试状态的测试加速度。

[0132] 示例性地,得到打滑或腾空时驱动电机的转动惯量 $J_{Slip}$ 后,可以根据式(4)计算打滑或腾空状态的加速度值。可选地,该理想测试条件下的测试加速度 $a_{Slip}$ 可以计算为:

$$[0133] \quad a_{Slip} = \frac{\Delta spd}{\Delta t} = \frac{T_e \times 9.55}{J_{Slip}}$$

[0134] S604、判断设定系数倍的测试加速度是否大于最大加速度。

[0135] 若设定系数倍的测试加速度大于最大加速度,则执行S605;若设定系数倍的测试加速度小于或等于最大加速度,则执行S606。

[0136] S605、将设定系数倍的测试加速度设置为加速度判断阈值。

[0137] S606、将最大加速度设置为加速度判断阈值。

[0138] 示例性地,汽车腾空或打滑状态的加速度判断阈值 $a_{Set}$ 为:

$$[0139] \quad a_{Set} = \begin{cases} k \times a_{Slip} & k \times a_{Slip} > a_{norm\ max} \\ a_{norm\ max} & k \times a_{Slip} \leq a_{norm\ max} \end{cases}$$

[0140] S607、比较驱动电机当前的加速度与加速度判断阈值,并确认打滑或腾空状态是否处于复位状态。

[0141] 若驱动电机当前的加速度大于加速度判断阈值,且打滑或腾空状态处于复位状态,则执行S608;若驱动电机当前的加速度小于或等于最大加速度,且打滑或腾空状态处于置位状态,则执行S610。

[0142] S608、将打滑或腾空状态置位。

[0143] 可以比较驱动电机当前的加速度 $a(k)$ 与加速度判断阈值 $a_{Set}$ ,若 $a(k) > a_{Set}$ ,则确定汽车处于打滑或腾空状态,将打滑或腾空状态SlipState置位。

[0144] S609、通过转矩补偿值按第一设定步长减小驱动电机的执行转矩。

[0145] 当打滑或腾空状态SlipState置位时,可以通过转矩补偿值TorqComp来减小驱动电机的执行转矩,转矩补偿值TorqComp的大小,可以按第一设定步长TorqStep1改变,例如,第一设定步长TorqStep1为1时,转矩补偿值TorqComp可以按照-1、-2、-3……这样变化,逐渐减小驱动电机的执行转矩,直到将驱动电机的加速度降低至最大加速度 $a_{norm\ max}$ 。

[0146] S610、比较驱动电机当前的加速度和最大加速度,并确定打滑或腾空状态是否处于置位状态。

[0147] 若驱动电机当前的加速度小于最大加速度,且打滑或腾空状态处于置位状态,则执行S611;若驱动电机当前的加速度小于最大加速度,且打滑或腾空状态处于复位状态,则执行S612。

[0148] S611、将打滑或腾空状态复位。

[0149] 若驱动电机当前的加速度小于最大加速度,且打滑或腾空状态处于置位状态,说明汽车已经退出打滑或腾空状态,并恢复至正常的传动系统可控状态,则、将打滑或腾空状

态复位。

[0150] S612、按第二设定步长调整转矩补偿值。

[0151] 示例性地,若驱动电机当前加速度降低到最大加速度,退出打滑或腾空状态,则不需要继续减小驱动电机的执行转矩。可以按第二设定步长TorqStep2调整转矩补偿值TorqComp,例如,第二设定步长TorqStep2为1时,转矩补偿值TorqComp可以按照-3、-2、-1、0这样变化,逐渐增大转矩补偿值TorqComp,直到转矩补偿值TorqComp由负值变为0。

[0152] S613、判断转矩补偿值是否小于零。

[0153] 若是,则执行S614;若否,则执行S615。

[0154] S614、将转矩补偿值调整为零。

[0155] 由于驱动电机当前的加速度已经小于最大加速度,不再需要通过转矩补偿值来减小实际执行转矩,因而若转矩补偿值仍然小于零,则可参考S612将转矩补偿值调整为零。

[0156] S615、根据驱动电机的给定转矩与转矩补偿值确定实际执行转矩。

[0157] 驱动电机的实际执行转矩为给定转矩TorqRef与转矩补偿值TorqComp的和。本实施例的技术方案,能够在不额外增设驱动电机测速装置的基础上,根据驱动电机的实时执行转矩动态调整加速度判定阈值,较现有汽车打滑或腾空状态的判断方法更加及时准确,减少出现误报或漏报状态的概率,并根据打滑或腾空状态的判断结果实时调整汽车的执行转矩,保证汽车驱动电机加速度不会过高,增强电动汽车的系统稳定性。

[0158] 本发明实施例还提供了一种汽车转矩控制装置,图7是本发明实施例提供的一种汽车转矩控制装置的模块结构示意图。本实施例可适用于在汽车打滑或腾空时及时控制驱动电机的执行转矩的情况。该装置具体包括:

[0159] 转动惯量确定模块710,用于确定汽车打滑或腾空时驱动电机的转动惯量;

[0160] 加速度判断阈值确定模块720,用于根据转动惯量和驱动电机的实时执行转矩确定汽车打滑或腾空状态的加速度判断阈值;

[0161] 执行转矩控制模块730,用于根据驱动电机当前的加速度和加速度判断阈值控制驱动电机的执行转矩。

[0162] 本发明实施例所提供的汽车转矩控制装置可执行本发明任意实施例所提供的汽车转矩控制方法,具备执行方法相应的功能模块和有益效果。

[0163] 可选地,在上述技术方案的基础上,转动惯量为理想打滑或腾空测试状态下驱动电机的转动惯量;加速度判断阈值确定模块720还用于:根据转动惯量和实时执行转矩计算理想打滑或腾空测试状态下驱动电机的测试加速度;根据测试加速度和最大加速度的关系确定加速度判断阈值。

[0164] 可选地,在上述技术方案的基础上,测试加速度计算为:

$$[0165] \quad a_{slip} = \frac{T_e \times 9.55}{J_{slip}}$$

[0166] 其中, $a_{slip}$ 是测试加速度, $T_e$ 是实时执行转矩, $J_{slip}$ 是转动惯量。

[0167] 可选地,在上述技术方案的基础上,最大加速度为汽车正常行驶时电机的峰值执行转矩对应的加速度;加速度判断阈值确定模块720还用于:根据测试加速度确定第一加速度,若第一加速度大于最大加速度,则将第一加速度设置为加速度判断阈值;若第一加速度小于或等于最大加速度,则将最大加速度设置为加速度判断阈值。

[0168] 可选地,在上述技术方案的基础上,第一加速度为设定系数倍的测试加速度。

[0169] 可选地,在上述技术方案的基础上,若驱动电机当前的加速度大于加速度判断阈值,则执行转矩控制模块730还用于:减小驱动电机的执行转矩,直到驱动电机当前的加速度等于加速度判断阈值。

[0170] 可选地,在上述技术方案的基础上,减小驱动电机的执行转矩,包括:通过转矩补偿值按第一设定步长减小驱动电机的执行转矩。

[0171] 可选地,在上述技术方案的基础上,该装置还包括:转矩补偿值调整模块,若驱动电机当前加速度降低到加速度判断阈值,则转矩补偿值调整模块用于按第二设定步长调整转矩补偿值。

[0172] 可选地,在上述技术方案的基础上,减小驱动电机的执行转矩,包括:

[0173] 将驱动电机的执行转矩乘以设定系数,设定系数大于0且小于或等于1。

[0174] 注意,上述仅为本发明的较佳实施例及所运用技术原理。本领域技术人员会理解,本发明不限于这里所述的特定实施例,对本领域技术人员来说能够进行各种明显的变化、重新调整和替代而不会脱离本发明的保护范围。因此,虽然通过以上实施例对本发明进行了较为详细的说明,但是本发明不仅仅限于以上实施例,在不脱离本发明构思的情况下,还可以包括更多其他等效实施例,而本发明的范围由所附的权利要求范围决定。

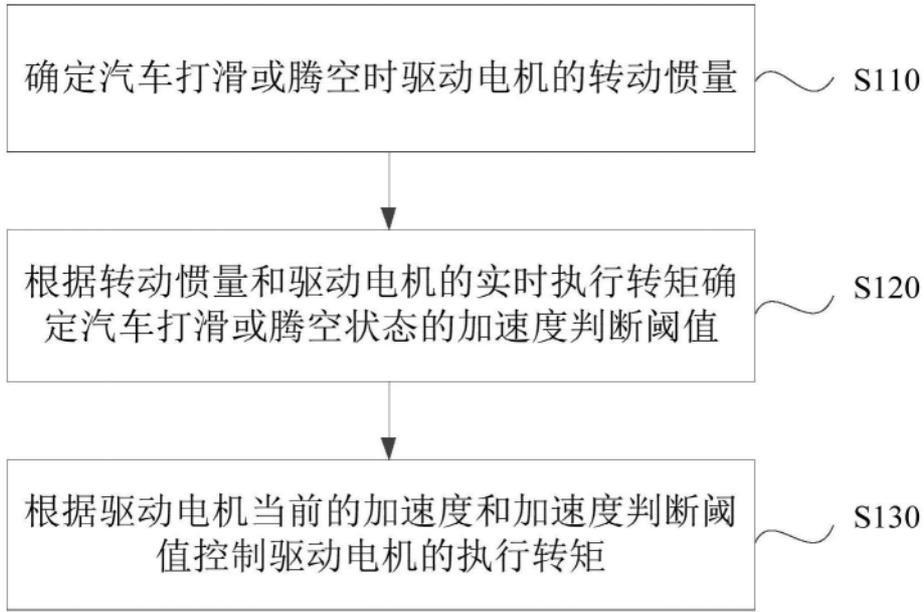


图1

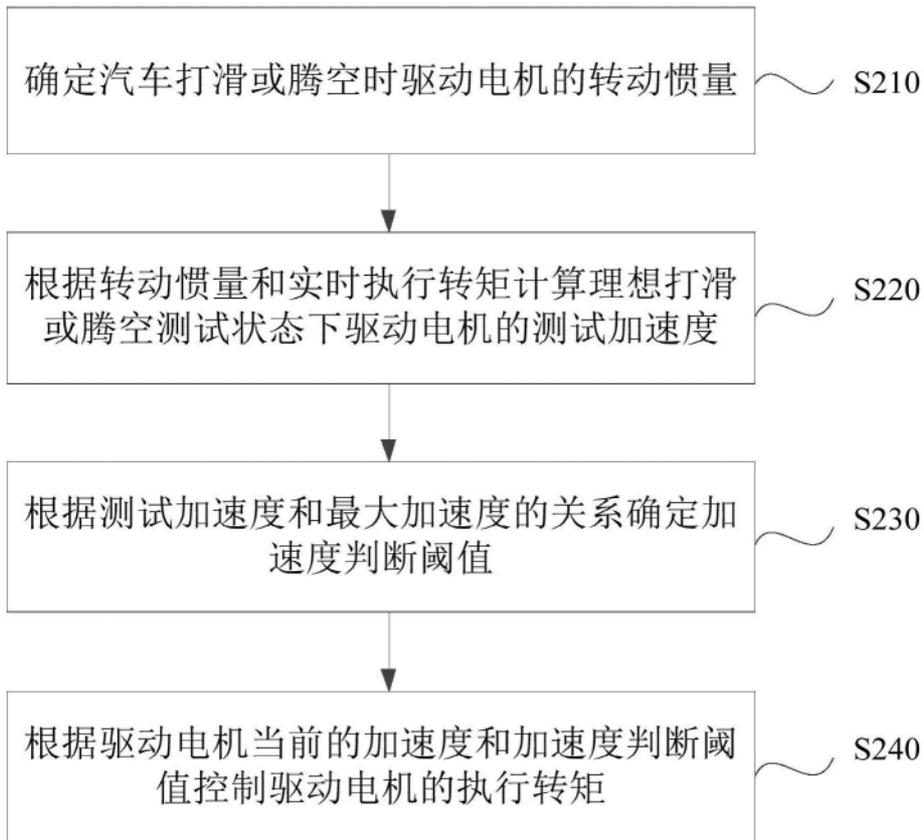


图2

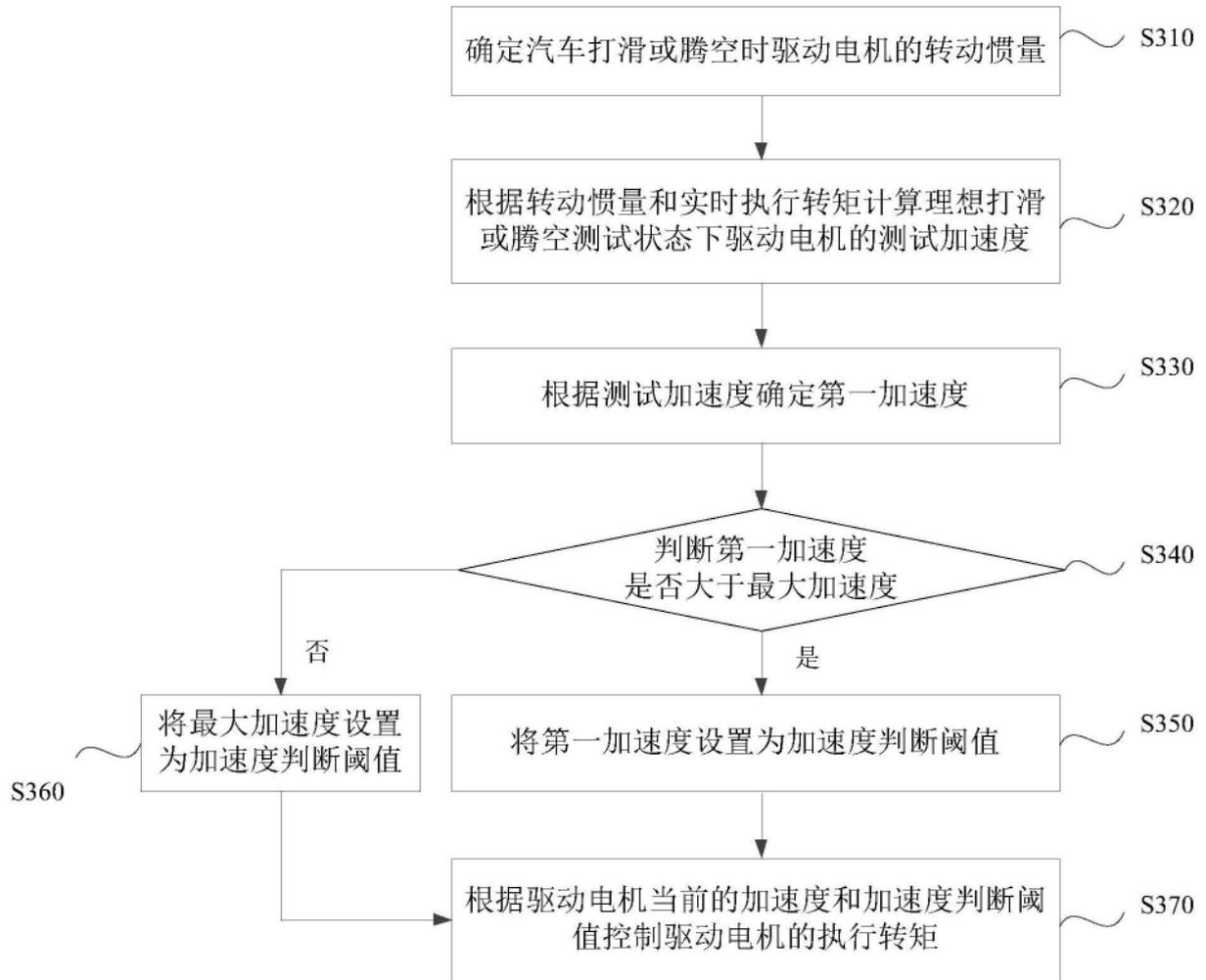


图3

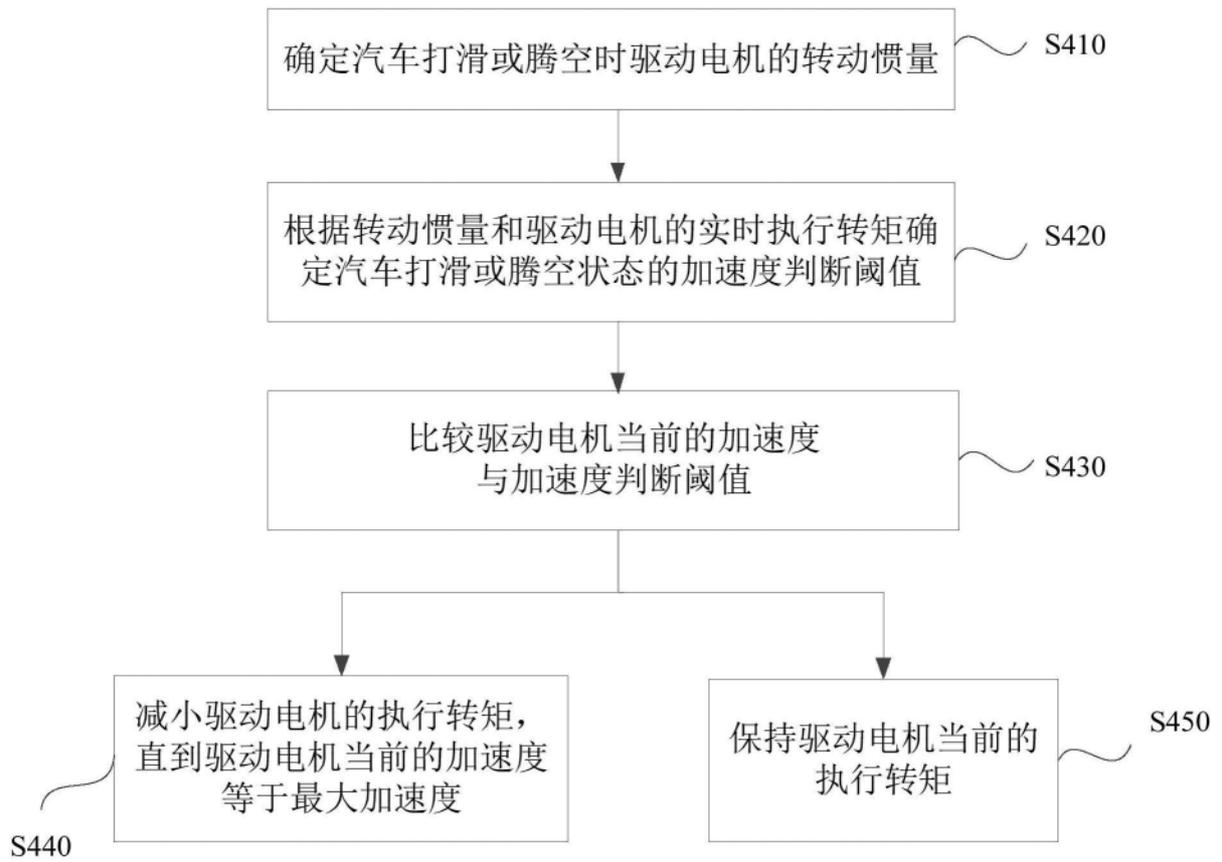


图4

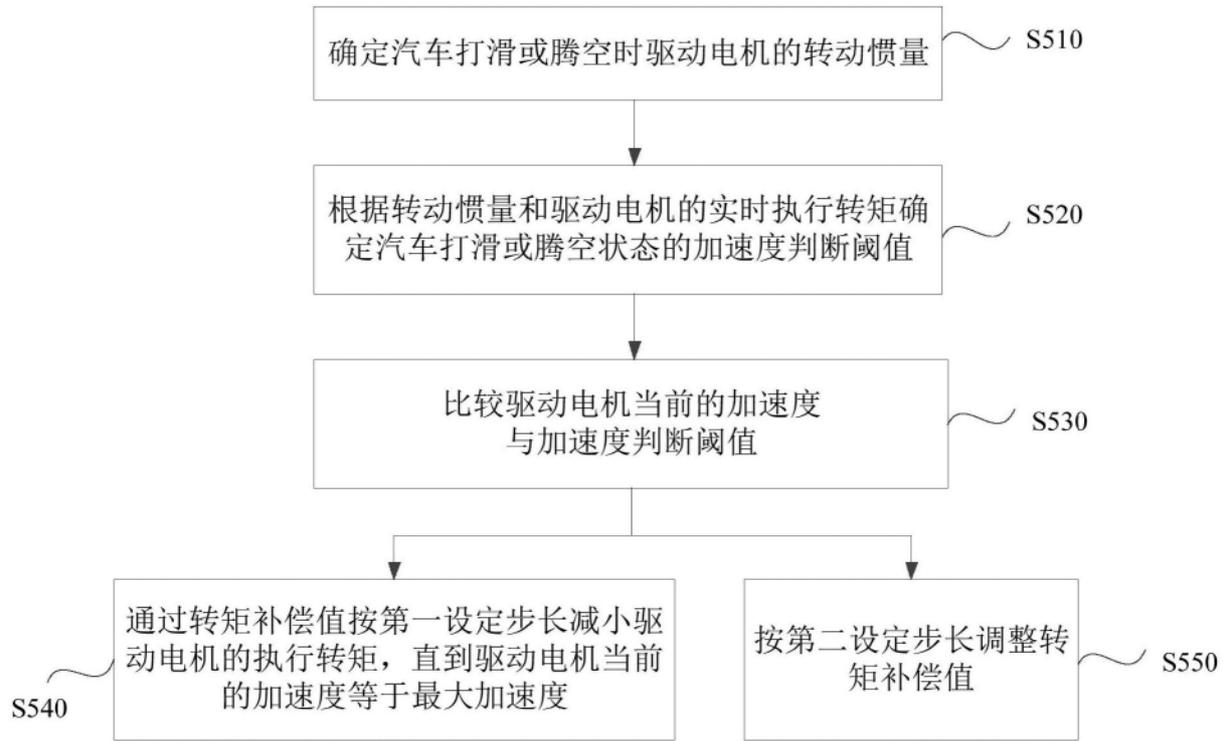


图5

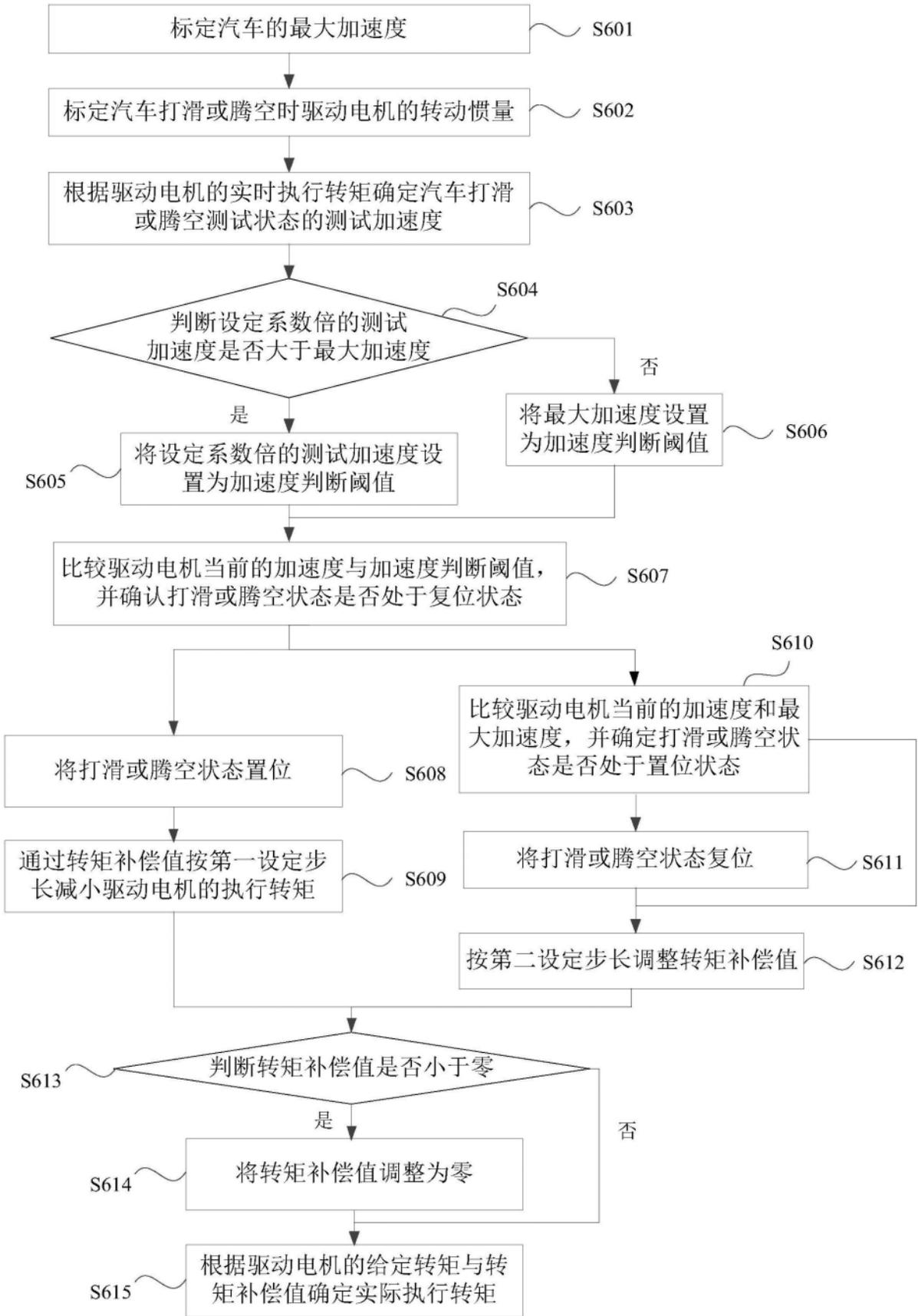


图6

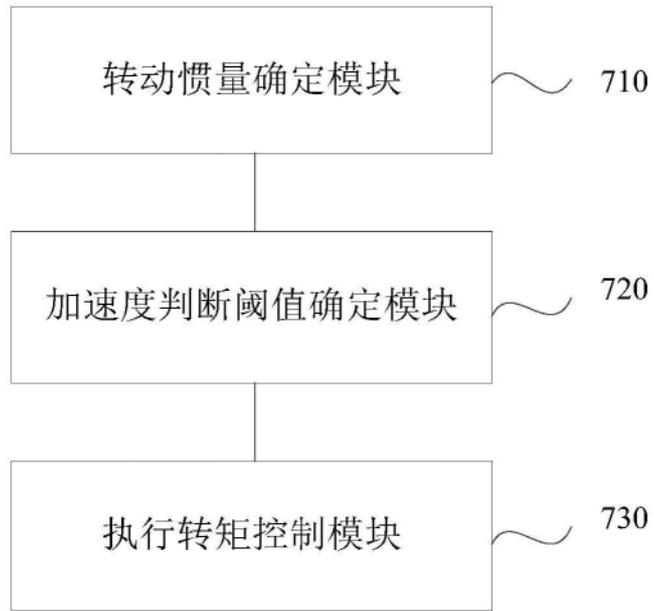


图7