



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110234533 A

(43)申请公布日 2019.09.13

(21)申请号 201780084130.X

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2017.01.24

B60L 9/18(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.07.19

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2017/002382 2017.01.24

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/138780 JA 2018.08.02

(71)申请人 日产自动车株式会社

地址 日本神奈川县

(72)发明人 九十步直照 铃木达也 新藤郁真

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 何立波 张天舒

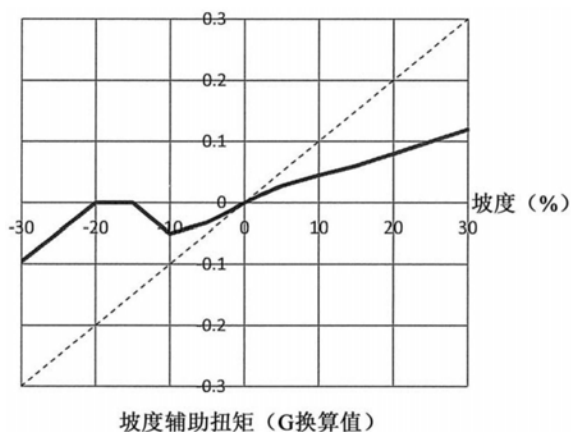
权利要求书1页 说明书14页 附图8页

(54)发明名称

电动车辆的控制方法以及控制装置

(57)摘要

一种电动车辆的控制方法,该电动车辆具有对车辆施加与加速器操作量相应的制动力或者驱动力的电机,在加速器操作量小于规定值时对制动力进行控制,在加速器操作量大于或等于规定值时对驱动力进行控制,对作为与坡度相关的阻力分量而作用于所述电机的外部干扰扭矩进行推定,执行以与外部干扰扭矩推定值相应地将阻力分量抵消的方式使制动力或者驱动力增减的校正。而且,在大于或等于规定坡度的下坡路,减小制动力或者驱动力的该校正值。



1. 一种电动车辆的控制方法,该电动车辆具有对车辆施加与加速器操作量相应的制动力或者驱动力的电机,在所述加速器操作量小于规定值时对所述制动力进行控制,在所述加速器操作量大于或等于规定值时对所述驱动力进行控制,其中,

对作为与坡度相关的阻力分量而作用于所述电机的外部干扰扭矩进行推定,

执行以与所述外部干扰扭矩推定值相应地将所述阻力分量抵消的方式使所述制动力或者驱动力增减的校正,

在大于或等于规定坡度的下坡路,减小所述制动力或者驱动力的校正量。

2. 根据权利要求1所述的电动车辆的控制方法,其中,

在设定有所述校正量的上限值的情况下,所述规定坡度设定为利用对在所述加速器操作量为0的情况下车辆所产生的所述制动力加上所述上限值的校正量所得的制动扭矩而能够停车的坡度的最大值。

3. 根据权利要求1或2所述的电动车辆的控制方法,其中,

在大于或等于比所述规定坡度更陡峭的规定的陡峭坡度的下坡路,以利用在所述加速器操作量为0的情况下车辆所产生的制动力使得车辆的加速度小于或等于0的方式设定所述校正量。

4. 根据权利要求3所述的电动车辆的控制方法,其中,

所述规定急坡度设定为利用在所述加速器操作量为0的情况下车辆所产生的制动力使得车辆的加速度变为0的坡度。

5. 一种电动车辆的控制装置,该电动车辆具有:电机,其对车辆施加与加速器操作量相应的制动力或者驱动力;以及控制器,其在所述加速器操作量小于规定值时对所述制动力进行控制,在所述加速器操作量大于或等于规定值时对所述驱动力进行控制,其中,

所述控制器对作为与坡度相关的阻力分量而作用于所述电机的外部干扰扭矩进行推定,

执行以与所述外部干扰扭矩推定值相应地将所述阻力分量抵消的方式使所述制动力或者驱动力增减的校正,

在大于或等于规定坡度的下坡路,减小所述制动力或者驱动力的所述校正量。

## 电动车辆的控制方法以及控制装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电动车辆的控制方法或者控制装置。

### 背景技术

[0002] 当前,已知如下技术,即,在车辆的加减速度控制系统中,在加速器操作量小于规定值时,根据加速器操作量对减速度进行控制,在加速器操作量大于或等于规定值时,根据加速器操作量对加速度进行控制(参照JP2000-205015A)。根据该加减速度控制系统,能够设定与加速器操作量相应的目标加减速度,因此如果是将目标加减速度设定为0的加速器操作量,则即使是在坡路也能够保持恒定的车速,而无需对加速器操作量的调整。

### 发明内容

[0003] 这里,在JP2000-205015A中,为了抑制根据车辆行驶的路面坡度的变化而变化的加减速度以及速度的变化,执行根据路面坡度的大小而对车辆的目标加减速度进行校正的坡度校正。因此,车辆通常在大于或等于规定值的下降坡度下进行加速,但有时进行坡度校正的车辆在下降坡度下对减速度进行增大校正,从而无论下降坡度如何车辆都会产生较大的减速度,会给驾驶员带来不和谐感。

[0004] 本发明的目的在于提供如下技术,即,在下降坡度下减小与坡度的大小相应的坡度校正量,由此抑制驾驶员产生的不和谐感。

[0005] 本发明的一个方式涉及一种车辆的控制方法,该车辆具有对车辆施加与加速器操作量相应的制动力或者驱动力的电机,在加速器操作量小于规定值时对制动力进行控制,在加速器操作量大于或等于规定值时对驱动力进行控制,对作为与坡度相关的阻力分量而作用于电机的外部干扰扭矩进行推定,执行以与外部干扰扭矩推定值相应地将阻力分量抵消的方式使制动力或者驱动力增减的校正。而且,在大于或等于规定坡度的下坡路,减小制动力或者驱动力的校正量。

[0006] 下面对本发明的实施方式和附图一并进行详细说明。

### 附图说明

[0007] 图1是表示具有一个实施方式的电动车辆的控制装置的电动汽车的主要结构的框图。

[0008] 图2是表示由一个实施方式的电动车辆的控制装置所具有的电机控制器进行的电机电流控制的处理流程的流程图。

[0009] 图3是表示加速器开度-扭矩表的一个例子的图。

[0010] 图4是用于对一个实施方式的计算第1扭矩目标值的方法进行说明的图。

[0011] 图5是用于对计算外部干扰扭矩推定值的方法进行说明的图。

[0012] 图6是使得车辆的驱动力传递系统实现模型化的图。

[0013] 图7是用于实现停止控制处理的框图。

- [0014] 图8是用于说明基于电机旋转速度对电机旋转速度 $F/B$ 扭矩 $T \omega$ 进行计算的方法的图。
- [0015] 图9是表示减速度控制处理的流程的流程图。
- [0016] 图10是用于对一个实施方式的坡度校正量减小率的计算方法进行说明的图。
- [0017] 图11是设为一个实施方式的电动车辆的控制装置的控制结果的一个例子的图。

### 具体实施方式

[0018] 下面,对本发明所涉及的电动车辆的控制装置应用于以电动机(下面称为电动机、或者简称为电机)为驱动源的电动汽车的例子进行说明。

[0019] [一个实施方式]

[0020] 图1是表示具有一个实施方式的电动车辆的控制装置的电动汽车的主要结构的框图。本发明的电动车辆的控制装置可以应用于具有电动机作为车辆的驱动源的一部分或者整个驱动源,能够利用电动机的驱动力而行驶的电动车辆。电动车辆中不仅包含电动汽车,而且还包含混合动力汽车、燃料电池汽车。特别是本实施方式的电动车辆的控制装置可以应用于仅通过加速器踏板的操作而对车辆的加减速、停止进行控制的车辆。对于该车辆,驾驶员在加速时踏入加速器踏板,在减速时、停止时减小踏入的加速器踏板的踏入量、或者将加速器踏板的踏入量设为零。此外,在上坡路,有时还为了防止车辆的后退而踏入加速器踏板且使之接近停止状态。

[0021] 车速 $V$ 、加速器开度 $\theta$ 、电机(三相交流电机)4的转子相位 $\alpha$ 、电机4的三相交流电流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ 等表示车辆状态的信号作为数字信号而输入至电机控制器2。电机控制器2基于输入的信号而生成用于对电机4进行控制的PWM信号。另外,电机控制器2根据生成的PWM信号而对逆变器3的开关元件进行开闭控制。电机控制器2还根据驾驶员的加速器操作量、或者制动器踏板10的操作量而生成摩擦制动量指令值。

[0022] 另外,电机控制器2作为如下控制器而起作用,即,在加速器操作量(加速器开度)小于规定值时,对车辆所产生的制动力进行控制,在加速器操作量大于或等于规定值时,对车辆所产生的驱动力进行控制。

[0023] 逆变器3将每相所具有的2个开关元件(例如IGBT、MOS-FET等功率半导体元件)接通/断开,由此将从电池1供给的直流电流变换为交流电流,使期望的电流在电机4流通。

[0024] 电机4利用从逆变器3供给的交流电流而产生驱动力,经由减速器5以及驱动轴8而将驱动力传递至左右的驱动轮9a、9b。另外,在车辆行驶时,在与驱动轮9a、9b联动旋转时,电机4产生再生驱动力,由此将车辆的动能作为电能而回收。在该情况下,逆变器3将电机4再生运转时所产生的交流电流变换为直流电流而供给至电池1。

[0025] 电流传感器7对电机4中流通的3相交流电流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ 进行检测。其中,3相交流电流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ 的和为0,因此可以对任意2相的电流进行检测、且通过运算而求出剩余1相的电流。

[0026] 旋转传感器6例如为旋转变压器、编码器,对电机4的转子相位 $\alpha$ 进行检测。

[0027] 制动器控制器11将产生与由电机控制器2生成的摩擦制动量指令值相应的制动器液压的制动致动器指令值输出至摩擦制动器13。

[0028] 液压传感器12作为制动器制动量检测单元而起作用,对摩擦制动器13的制动器液

压进行检测,将检测出的制动器液压(摩擦制动量)向制动器控制器11和电机控制器2输出。

[0029] 摩擦制动器13分别设置于左右的驱动轮9a、9b,根据制动器液压将制动垫按压于制动器转子,使车辆产生制动力。

[0030] 此外,在最大再生制动扭矩相对于根据加速器操作量和车速等计算出的符合驾驶员的意愿的制动扭矩而不足的情况下,摩擦制动器13的摩擦制动力作为与从电机控制器2输出的摩擦制动量指令值相应地使用的制动力而起作用。另外,即使在符合驾驶员的意愿的制动力小于最大再生制动扭矩的情况下,也在电池1充满电时限制再生电力、或通过电机4的加热保护等而限制再生电力,仅以再生制动扭矩无法弥补驾驶员所需的制动力的情况下,使用摩擦制动力。并且,不仅在与加速器操作量相应地请求的情况下使用摩擦制动力,还为了根据驾驶员的制动器踏板操作量实现所需的制动力而使用摩擦制动力。

[0031] 前后G传感器15主要对前后加速度进行检测,将检测值向电机控制器2输出。由此,电机控制器2能够基于前后G传感器检测值而对与作用于电机4的坡度阻力大致一致的外部干扰扭矩分量进行计算。

[0032] 图2是表示以由电机控制器2执行的方式进行了编程的电机电流控制的处理流程的流程图。

[0033] 在步骤S201中,将表示车辆状态的信号输入至电机控制器2。这里,将车速 $V$  (m/s)、加速器开度 $\theta$  (%)、电机4的转子相位 $\alpha$  (rad)、电机4的旋转速度 $N_m$  (rpm)、电机4中流通的三相交流电流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ 、电池1和逆变器3之间的直流电压值 $V_{dc}$  (V)、制动器操作量、以及制动器液压输入。

[0034] 车速 $V$  (km/h)是在驱动车辆时传递驱动力的车轮(驱动轮9a、9b)的车轮速度。从车轮转速传感器11a、11b、未图示的其他控制器通过通信而获取车速 $V$ 。或者,通过对转子机械角速度 $\omega_m$ 乘以轮胎动态半径 $r$ 、并由终极齿轮的传动比除上述乘法运算结果而求出车速 $v$  (m/s),通过对车速 $v$  (m/s)乘以 $3600/1000$ 进行单位变换而求出车速 $V$  (km/h)。

[0035] 作为表示基于驾驶员的加速器操作量的指标,从未图示的加速器开度传感器获取加速器开度 $\theta$  (%),或者从未图示的车辆控制器等其他控制器通过通信而获取加速器开度 $\theta$  (%)。

[0036] 从旋转传感器6获取电机4的转子相位 $\alpha$  (rad)。由电机4的极对数 $p$ 除转子角速度 $\omega$  (电角度)而求出作为电机4的机械角速度的电机旋转速度 $\omega_m$  (rad/s),对求出的电机旋转速度 $\omega_m$ 乘以 $60/(2\pi)$ 而求出电机4的旋转速度 $N_m$  (rpm)。通过对转子相位 $\alpha$ 进行微分而求出转子角速度 $\omega$ 。

[0037] 从电流传感器7获取电机4中流通的三相交流电流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$  (A)。

[0038] 根据从在电池1与逆变器3之间的直流电源线设置的电压传感器(未图示)、或者电池控制器(未图示)发送的电源电压值而求出直流电压值 $V_{dc}$  (V)。

[0039] 根据液压传感器12检测出的制动器液压传感器值而获取制动器制动量。或者,对基于驾驶员的踏板操作的制动器踏板的踏入量进行检测的行程传感器(未图示)等的检测值(制动器操作量)可以作为制动器制动量而使用。

[0040] 在步骤S202的扭矩目标值计算处理中,电机控制器2设定第1扭矩目标值 $T_{m1}^*$ 。具体而言,首先,参照表示根据步骤S201中输入的加速器开度 $\theta$ 以及电机旋转速度 $\omega_m$ 而计算出的驱动力特性的一个方式的图3所示的加速器开度-扭矩表,设定作为驾驶员请求扭矩的

基本扭矩目标值 $T_{m0}^*$  (扭矩目标值)。接着,求出与坡度阻力大致一致的外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 。而且,将外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 作为坡度辅助扭矩而与基本扭矩目标值 $T_{m0}^*$ 相加,由此能够设定将坡度阻力分量抵消的第1扭矩目标值 $T_{m1}^*$ 。

[0041] 但是,在本实施方式中,在驾驶员请求减速时,执行根据路面坡度而减小与基本扭矩目标值 $T_{m0}^*$ 相加的坡度辅助扭矩量的减速度控制处理。后文中对作为本发明的特征性的处理的减速度控制处理的详情进行叙述。

[0042] 此外,如上所述,本实施方式的电动车辆的控制装置可以应用于能够仅通过对加速器踏板的操作而控制车辆的加减速、停止的车辆,至少在小于或等于规定坡度的路面上能够通过加速器踏板的完全关闭而使车辆停止。因此,在图3所示的加速器开度-扭矩表中,在加速器开度为0(完全关闭)至1/8时,设定负的电机扭矩以使得再生制动力起作用。但是,图3所示的加速器开度-扭矩表是一个例子,并不限于此。

[0043] 此外,在本实施方式中,考虑安全性等而设定坡度辅助量的最大值、即坡度辅助扭矩的绝对值的上限值。在-10%的坡度的下坡路,与在加速器操作量为0的情况下车辆所产生的制动力相加,将本实施方式中的该上限值设定为与能够使车辆停车的制动扭矩的绝对值相当的值。

[0044] 在步骤S203中,控制器2进行停止控制处理。具体而言,控制器2判定是否即将停车,在并未即将停车的情况下,将步骤S202中计算出的第1扭矩目标值 $T_{m1}^*$ 设定为电机扭矩指令值 $T_m^*$ ,在即将停车的情况下,将第2扭矩目标值 $T_{m2}^*$ 设定为电机扭矩指令值 $T_m^*$ 。该第2扭矩目标值 $T_{m2}^*$ 随着电机旋转速度的减小而向外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 收敛,在上坡路为正扭矩,在下坡路为负扭矩,在平坦路大致为零。

[0045] 另外,在第2扭矩目标值 $T_{m2}^*$ 设定为电机扭矩指令值 $T_m^*$ 的停止控制处理中,不实施后述的减速度减小处理。即,在停止控制处理中,电机扭矩指令值 $T_m^*$ 向与坡度阻力大致一致的外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 收敛,因此无论路面的坡度如何,都能够仅通过加速器操作而顺畅地停车、且维持停车状态。

[0046] 在接下来的步骤S204中,控制器2进行电流指令值计算处理。具体而言,在步骤S203中计算出的扭矩目标值 $T_m^*$  (电机扭矩指令值 $T_m^*$ )的基础上,基于电机旋转速度 $\omega_m$ 、直流电压值 $V_{dc}$ 而求出d轴电流目标值 $i_d^*$ 、q轴电流目标值 $i_q^*$ 。例如,预先准备规定扭矩指令值、电机旋转速度以及直流电压值、和d轴电流目标值以及q轴电流目标值之间的关系表,参照该表而求出d轴电流目标值 $i_d^*$ 以及q轴电流目标值 $i_q^*$ 。

[0047] 在步骤S205中,进行用于使d轴电流 $i_d$ 以及q轴电流 $i_q$ 分别与步骤S204中求出的d轴电流目标值 $i_d^*$ 以及q轴电流目标值 $i_q^*$ 一致的电流控制。因此,首先,基于步骤S201中输入的三相交流电流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ 、以及电机4的转子相位 $\alpha$ 而求出d轴电流 $i_d$ 以及q轴电流 $i_q$ 。接着,根据d轴、q轴电流指令值 $i_d^*$ 、 $i_q^*$ 、和d轴、q轴电流 $i_d$ 、 $i_q$ 的偏差而计算出d轴、q轴电压指令值 $v_d$ 、 $v_q$ 。此外,可以对计算出的d轴、q轴电压指令值 $v_d$ 、 $v_q$ 加上为了将d-q正交坐标轴间的干涉电压抵消所需的非干涉电压。

[0048] 而且,根据d轴、q轴电压指令值 $v_d$ 、 $v_q$ 、以及电机4的转子相位 $\alpha$ 而求出三相交流电压指令值 $v_u$ 、 $v_v$ 、 $v_w$ 。根据求出的三相交流电压指令值 $v_u$ 、 $v_v$ 、 $v_w$ 和直流电压值 $V_{dc}$ 而求出PWM信号 $t_u$ (%)、 $t_v$ (%)、 $t_w$ (%)。利用这样求出的PWM信号 $t_u$ 、 $t_v$ 、 $t_w$ 对逆变器3的开关元件进行开闭,由此能够利用由电机扭矩指令值 $T_m^*$ 指示的所需的扭矩对电机4进行驱动。

[0049] 利用图4对图2的步骤S202中进行的处理、即设定第1扭矩目标值 $T_{m1*}$ 的方法的详情进行说明。

[0050] 基本扭矩目标值设定器401基于加速器开度以及电机旋转速度 $\omega_m$ ,参照图3所示的加速器开度-扭矩表而设定基本扭矩目标值 $T_{m0*}$ 。

[0051] 外部干扰扭矩推定器402基于电机扭矩指令值 $T_{m*}$ 、电机旋转速度 $\omega_m$ 以及制动器制动量 $B$ 而求出外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 。

[0052] 图5是表示外部干扰扭矩推定器402的详细结构的框图。外部干扰扭矩推定器402具有控制模块501、控制模块502、制动器扭矩推定器503、加减运算器504以及控制模块505。

[0053] 控制模块501担负作为具有 $H(s)/G_p(s)$ 这样的传递特性的滤波器的功能,将电机旋转速度 $\omega_m$ 输入而进行滤波处理,由此对第1电机扭矩推定值进行计算。 $G_p(s)$ 是电机扭矩 $T_m$ 至电机旋转速度 $\omega_m$ 的传递特性,后文中进行详细叙述。 $H(s)$ 是如下低通滤波器,即,分母次数与分子次数的差值大于或等于传递特性 $G_p(s)$ 的分母次数与分子次数的差值。

[0054] 控制模块502担负作为具有 $H(s)$ 这样的传递特性的低通滤波器的功能,将电机扭矩指令值 $T_{m*}$ 输入而进行滤波处理,由此计算出第2电机扭矩推定值。

[0055] 制动器扭矩推定器503基于制动器制动量 $B$ 以及车速 $V$ 而对制动器扭矩推定值进行计算。在制动器扭矩推定器503中,考虑用于根据制动器制动量 $B$ 进行电机轴的扭矩换算的乘法运算处理、由液压传感器12检测出的液压传感器值至实际制动力的响应性等而对制动器扭矩推定值进行计算。

[0056] 此外,在车辆的前进时、后退时均在减速方向上作用有摩擦制动器13的制动力,因此需要根据车辆前后速度(车体速度、车轮速度、电机旋转速度、驱动轴转速、或者其他与车速成正比的速度参数)的符号而使制动器扭矩推定值的符号反转。因此,对于制动器扭矩推定值的符号,根据输入的车速 $V$ ,如果车辆前进,则制动器扭矩推定器503将其设定为负号,如果车辆后退,则制动器扭矩推定器503将其设定为正号。

[0057] 加减运算器504从第2电机扭矩推定值减去第1电机扭矩推定值、且加上制动器扭矩校正。在加减运算器504中,相对于车辆的行进方向加上具有负的符号的制动器扭矩校正,由此能够在后段计算出将因制动器制动量 $B$ 而引起的制动器扭矩抵消的外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 。将计算出的值向控制模块505输出。

[0058] 控制模块505是具有 $H_z(s)$ 这样的传递特性的滤波器,针对加减运算器504的输出而进行滤波处理,由此计算出外部干扰扭矩推定值 $T_d$ ,并输出至图4所示的坡度校正量调整器403。后文中对 $H_z(s)$ 的详情进行叙述。

[0059] 返回至图4继续进行说明。如果是现有技术,则将外部干扰扭矩推定器402计算出的外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 输入至加法运算器404并与基本扭矩目标值 $T_{m0*}$ 相加。由此,针对基本扭矩目标值 $T_{m0*}$ 进行基于外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 的坡度校正,通过加上相当于坡度阻力分量的坡度辅助扭矩而计算出将该坡度阻力分量抵消的第1扭矩目标值 $T_{m1*}$ 。由此,例如,即使在坡度变化的路面上以加速器开度恒定的状态行驶的情况下,也能够维持匀速而不会受到坡度阻力分量的影响。

[0060] 然而,如果通过这种坡度校正使得坡度阻力分量对加减速的影响完全消失,则有时驾驶员不会感受到针对坡度所期待的对车辆的加减速的影响而产生不和谐感。例如,在下坡路(下降坡度)行驶时,如果该下坡路的坡度变得更陡而对减速度进行增大校正,则无

论下降坡度是否变得陡峭都使得车辆产生更大的减速度。此时,在下坡路行驶中的驾驶员因坡度较陡而在感觉方面期待车辆的加速,因此与期待相反地产生的较大的减速度会使驾驶员产生不和谐感。

[0061] 在本实施方式中,根据驾驶感的观点,为了抑制驾驶员请求减速时的这种不和谐感的产生,执行根据行驶路面的坡度而减小坡度辅助扭矩的大小(坡度辅助量)的减速度减小处理。下面,对执行减速度减小处理的结构进行说明。

[0062] 图4所示的坡度校正量调整器403是用于执行减速度减小处理的结构,将利用外部干扰扭矩推定器402推定出的外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 、和加速器开度输入而对实施了减速度减小处理后的坡度辅助扭矩进行计算。更具体而言,坡度校正量调整器403根据能够通过外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 检测到的路面的坡度、以及通过加速器开度能够检测到的驾驶员的加减请求,根据驾驶感的观点而对在感官方面也最优化的坡度校正减小率进行计算。而且,对输入的外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 和计算出的坡度校正减小率进行乘法运算,计算出坡度辅助扭矩。由此,计算出调整为不会使驾驶员产生不和谐感的程度的坡度辅助量的坡度辅助扭矩。后文中对坡度辅助扭矩的计算所涉及的坡度校正减小率的设定方法的详情进行叙述。

[0063] 加法运算器404通过将作为利用基本扭矩目标值设定器401计算出的驾驶员请求扭矩的基本扭矩目标值 $T_{m0}$ 、和利用坡度校正量调整器403计算出的坡度辅助扭矩相加而计算出限制处理前的第1扭矩目标值 $T_{m1}$ 。将限制处理前的第1扭矩目标值 $T_{m1}$ 输入至比例限制器405。

[0064] 在比例限制器405中,对第1扭矩目标值 $T_{m1}$ 的变化率的上限进行限制。由此,能够防止扭矩目标值急剧地变化。此外,也可以根据车速而对该变化率的上限进行变更。为了进一步将高频噪声等除去而将比例限制器405的输出向低通滤波器406输入。

[0065] 低通滤波器406是为了将高频噪声分量除去而构成的低通滤波器,对比例限制器405的输出进行滤波处理而计算出作为制动驱动扭矩指令值的第1扭矩目标值 $T_{m1}$ 。

[0066] 根据这样计算出的第1扭矩目标值 $T_{m1}$ ,能够不产生不和谐感地减小驾驶员的加速器操作量(行程量),因此特别是能够提高在坡路行驶时的驾驶感。

[0067] 这里,在对减速度控制处理的说明之前,对本实施方式的电动车辆的控制装置的电机扭矩 $T_m$ 至电机旋转速度 $\omega_m$ 的传递特性 $G_p(s)$ 进行说明。此外,该传递特性 $G_p(s)$ 在对外部干扰扭矩推定值进行计算时用作使车辆的驱动力传递系统实现模型化的车辆模型。

[0068] 图6是使得车辆的驱动力传递系统实现模型化的图,该图中的各参数如下所示。

[0069]  $J_m$ : 电动机的惯量

[0070]  $J_w$ : 驱动轮的惯量

[0071]  $M$ : 车辆的重量

[0072]  $K_d$ : 驱动系统的扭转刚性

[0073]  $K_t$ : 关于轮胎和路面的摩擦的系数

[0074]  $N$ : 总传动比

[0075]  $r$ : 轮胎的载荷半径

[0076]  $\omega_m$ : 电机旋转速度

[0077]  $T_m$ : 扭矩目标值 $T_{m*}$

[0078]  $T_d$ : 驱动轮的扭矩

[0079]  $F$ : 施加于车辆的力

[0080]  $V$ : 车辆的速度

[0081]  $\omega_w$ : 驱动轮的角速度

[0082] 而且, 能够根据图6而导出下面的运动方程式。

[0083] [算式1]

$$[0084] J_m \cdot \omega_m^* = T_m - T_d / N \cdots (1)$$

[0085] [算式2]

$$[0086] 2J_w \cdot \omega_w^* = T_d - rF \cdots (2)$$

[0087] [算式3]

$$[0088] M \cdot V^* = F \cdots (3)$$

[0089] [算式4]

$$[0090] T_d = K_d \cdot \int (\omega_m / N - \omega_w) dt \cdots (4)$$

[0091] [算式5]

$$[0092] F = K_t \cdot (r \omega_w - V) \cdots (5)$$

[0093] 其中, 式(1)~式(3)中的符号的右上方标注的星号(\*)表示时间微分。

[0094] 如果基于式(1)~式(5)所示的运动方程式求解电机4的电机扭矩 $T_m$ 至电机旋转速度 $\omega_m$ 的传递特性 $G_p(s)$ , 则由下式(6)表示。

[0095] [算式6]

$$[0096] G_p(s) = \frac{b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{s(a_4 s^3 + a_3 s^2 + a_2 s + a_1)} \cdots (6)$$

[0097] 其中, 式(6)中的各参数由下式(7)表示。

[0098] [算式7]

$$a_4 = 2J_m J_w M$$

$$a_3 = J_m (2J_w + Mr^2) K_t$$

$$a_2 = (J_m + 2J_w / N^2) M \cdot K_d$$

$$[0099] a_1 = (J_m + 2J_w / N^2 + Mr^2 / N^2) K_d \cdot K_t$$

$$b_3 = 2J_w \cdot M$$

$$b_2 = (2J_w + Mr^2) K_t$$

$$b_1 = M \cdot K_d$$

$$b_0 = K_d \cdot K_t$$

[0100] 如果研究式(6)所示的传递函数的极值点和零值点, 则能够向下式(8)的传递函数近似, 1个极值点和1个零值点表示极其近似的值。这相当于下式(8)中的 $\alpha$ 和 $\beta$ 表示极其近似的值。

[0101] [算式8]

$$[0102] G_p(s) = \frac{(s + \beta)(b_2' s^2 + b_1' s + b_0')}{s(s + \alpha)(a_3' s^2 + a_2' s + a_1')} \cdots (8)$$

[0103] 因此, 通过进行式(8)中的极值点和零值点的抵消(向 $\alpha = \beta$ 近似), 如下式(9)所示,

$G_p(s)$  构成 (2次) / (3次) 的传递特性。

[0104] [算式9]

$$[0105] \quad G_p(s) = \frac{(b_2' s^2 + b_1' s + b_0')}{s(a_3' s^2 + a_2' s + a_1')} \cdot \frac{\beta}{\alpha} \quad \dots (9)$$

[0106] 接着,参照图7、8对步骤S203中执行的停止控制处理的详情进行说明。

[0107] 图7是用于实现停止控制处理的框图。利用电机旋转速度F/B扭矩设定器701、加法运算器702以及扭矩比较器703而进行停止控制处理。下面对各结构的详情进行说明。

[0108] 电机旋转速度F/B扭矩设定器701基于检测出的电机旋转速度 $\omega_m$ 而对电机旋转速度反馈扭矩(下面称为电机旋转速度F/B扭矩) $T\omega$ 进行计算。利用图8进行详细说明。

[0109] 图8是用于说明基于电机旋转速度 $\omega_m$ 而对电机旋转速度F/B扭矩 $T\omega$ 进行计算的方法的图。电机旋转速度F/B扭矩设定器701具有乘法运算器801,通过对电机旋转速度 $\omega_m$ 乘以增益 $Kv_{ref}$ 而计算出电机旋转速度F/B扭矩 $T\omega$ 。其中, $Kv_{ref}$ 是在电动车辆即将停止时使电动车辆停止所需的负(minus)值,例如根据实验数据等而适当地设定。电机旋转速度 $\omega_m$ 越大,将电机旋转速度F/B扭矩 $T\omega$ 设定为能够获得越大的制动力的扭矩。

[0110] 此外,说明了电机旋转速度F/B扭矩设定器701对电机旋转速度 $\omega_m$ 乘以增益 $Kv_{ref}$ 而计算出电机旋转速度F/B扭矩 $T\omega$ ,但也可以利用规定针对电机旋转速度 $\omega_m$ 的再生扭矩的再生扭矩表、预先存储有电机旋转速度 $\omega_m$ 的衰减率的衰减率表等而计算出电机旋转速度F/B扭矩 $T\omega$ 。

[0111] 返回至图7继续进行说明。加法运算器702将由电机旋转速度F/B扭矩设定器701计算出的电机旋转速度F/B扭矩 $T\omega$ 、和上述坡度校正量调整器403中对外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 乘以坡度校正量减小率计算出的坡度辅助扭矩相加而计算出第2扭矩目标值 $T_{m2*}$ 。

[0112] 这里,关于外部干扰扭矩推定值 $T_d$ ,对图5所示的控制模块505的详情进行说明。控制模块505是具有 $H_z(s)$ 这样的传递特性的滤波器,将加减运算器504的输出输入而进行滤波处理,由此计算出外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 。

[0113] 对传递特性 $H_z(s)$ 进行说明。如果改写式(9),则能够获得下式(10)。其中,式(10)中的 $\zeta_z$ 、 $\omega_z$ 、 $\zeta_p$ 、 $\omega_p$ 分别由式(11)表示。

[0114] [算式10]

$$[0115] \quad G_p(s) = \frac{Mp(s^2 + 2\zeta_z \cdot \omega_z \cdot s + \omega_z^2)}{s(s^2 + 2\zeta_p \cdot \omega_p \cdot s + \omega_p^2)} \quad \dots (10)$$

[0116] [算式11]

$$\zeta_z = \frac{b_1'}{2(b_0' \cdot b_2')^{1/2}}$$

$$\omega_z = \left( \frac{b_0'}{b_2'} \right)^{1/2}$$

[0117]

$$\zeta_p = \frac{a_2'}{2(a_1' \cdot a_3')^{1/2}} \quad \dots (11)$$

$$\omega_p = \left( \frac{a_1'}{a_3'} \right)^{1/2}$$

[0118] 如上,由下式(12)表示 $H_z(s)$ 。其中,设为 $\zeta_c > \zeta_z$ 。另外,例如为了提高伴随着齿轮的背隙的减速场景的振动抑制效果而设为 $\zeta_c > 1$ 。

[0119] [算式12]

$$[0120] \quad H_z(s) = \frac{(s^2 + 2\zeta_z \cdot \omega_z \cdot s + \omega_z^2)}{(s^2 + 2\zeta_c \cdot \omega_z \cdot s + \omega_z^2)} \quad \dots (12)$$

[0121] 这样,如图5所示,利用外部干扰监视器对本实施方式中的外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 进行推定。其中,可以为了进一步提高精度而基于前后G传感器15的检测值对外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 进行校正。另外,可以使用基于前后G传感器15的检测值而计算出的坡度阻力分量的扭矩换算值作为外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 。

[0122] 这里,作为外部干扰而考虑了空气阻力、因乘员数或装载量引起的车辆质量的变动所导致的模型化误差、轮胎的滚动阻力、路面的坡度阻力等,但特别是即将停车时起到支配性作用的外部干扰因素是坡度阻力。外部干扰因素根据驾驶条件而不同,但外部干扰扭矩推定器402基于电机扭矩指令值 $T_m^*$ 、电机旋转速度 $\omega_m$ 以及传递特性 $G_p(s)$ 而计算出外部干扰扭矩推定值 $T_d$ ,因此能够统一对上述外部干扰因素进行推定。由此,无论在任何驾驶条件下都实现起始自减速的顺畅的停车。

[0123] 返回至图7继续进行说明。加法运算器702通过将利用电机旋转速度F/B扭矩设定器701计算出的电机旋转速度F/B扭矩 $T_\omega$ 、和坡度辅助扭矩相加而计算出第2扭矩目标值 $T_{m2}^*$ 。

[0124] 扭矩比较器703对第1扭矩目标值 $T_{m1}^*$ 和第2扭矩目标值 $T_{m2}^*$ 的大小进行比较,将值较大的扭矩目标值设定为电机扭矩指令值 $T_m^*$ 。在车辆行驶过程中,第2扭矩目标值 $T_{m2}^*$ 小于第1扭矩目标值 $T_{m1}^*$ ,如果车辆减速而即将停车(小于或等于规定车速、或者与车速成正比的速度参数小于或等于规定值),则大于第1扭矩目标值 $T_{m1}^*$ 。因此,如果第1扭矩目标值 $T_{m1}^*$ 大于第2扭矩目标值 $T_{m2}^*$ ,则扭矩比较器703判断为处于即将停车之前而将第1扭矩目标值 $T_{m1}^*$ 设定为电机扭矩指令值 $T_m^*$ 。

[0125] 另外,如果第2扭矩目标值 $T_{m2}^*$ 大于第1扭矩目标值 $T_{m1}^*$ ,则扭矩比较器703判断为车辆即将停车,将电机扭矩指令值 $T_m^*$ 从第1扭矩目标值 $T_{m1}^*$ 切换为第2扭矩目标值 $T_{m2}^*$ 。此时,坡度辅助扭矩设定为与外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 一致的值。因此,在第2扭矩目标值 $T_{m2}^*$ 设定为电机扭矩指令值 $T_m^*$ 的期间,不进行后述的减速度控制处理、或者将坡度校正量减小

率设定为0%。此外,为了维持停车状态,第2扭矩目标值 $T_{m2*}$ 在上坡路为正扭矩,第2扭矩目标值 $T_{m2*}$ 在下坡路为负扭矩,在平坦路大致收敛为零。

[0126] 以上对传递特性 $G_p(s)$ 以及停止控制处理的详情进行了说明。下面,对图4所示的坡度校正量调整器403中执行的坡度校正量减小率的计算以及基于该坡度校正量减小率的坡度辅助扭矩的计算进行说明。

[0127] <减速度控制处理>

[0128] 图9是表示本实施方式的减速度减小处理流程的流程图。该流程被编程为在电机控制器2中以恒定的周期反复执行。

[0129] 在步骤S901中,电机控制器2对外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 进行计算。利用参照图5说明的外部干扰监视器而对外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 进行计算。

[0130] 在接下来的步骤S902中,电机控制器2为了检测驾驶员请求的加减速而获取加速器开度。如参照图3说明的那样,大于或等于规定值的加速器开度变为加速请求,对加速器开度设定正的电机扭矩(驱动扭矩)。另一方面,小于规定值的加速器开度变为减速请求,设定负的电机扭矩(制动扭矩)以使得再生制动力起作用。例如,根据图3中示出的一个例子的加速器开度-扭矩表,如果加速器开度小于或等于1/8,则设定负的电机扭矩,如果加速器开度大于或等于2/8,则设定正的电机扭矩。电机控制器2在获取加速器开度之后执行接下来的步骤S903的处理。

[0131] 在步骤S903中,电机控制器2基于获取到的加速器开度而判定驾驶员是否请求了减速。如果加速器开度小于规定值、即驱动扭矩小于设定的加速器开度的下限值,则判定为驾驶员请求了减速。在判定为驾驶员请求了减速的情况下,为了作为基本扭矩目标值 $T_{m0*}$ 而计算出驾驶员请求的制动扭矩,执行接下来的步骤S904的处理。

[0132] 如果获取到的加速器开度大于或等于规定值、即加速器开度处于设定了驱动扭矩的范围内,则判定为驾驶员请求了加速,因此结束本流程所涉及的减速度控制处理。

[0133] 在步骤S904中,电机控制器2根据加速器开度 $\theta$ 和电机旋转速度 $\omega_m$ ,参照图3中示出的一个例子的加速器开度-扭矩表而计算出作为驾驶员请求扭矩的基本扭矩目标值 $T_{m0*}$ 。如果对基本扭矩目标值 $T_{m0*}$ 进行计算,则为了判定车辆行驶的路面是否为下坡路而执行接下来的步骤S905的处理。

[0134] 在步骤S905中,电机控制器2判定路面的坡度(%)是否小于规定值。这里,要判定路面是否为下坡路,因此将该规定值设为0%。此外,如上所述,能够根据外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 而获取路面的坡度。而且,外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 在上坡路为正扭矩,在下坡路为负扭矩,在平坦路大致为零。因此,在本步骤中,如果外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 小于0,则判定为路面是下坡路,执行接下来的步骤S906的处理。如果外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 大于或等于0,则判定为路面并非下坡路,执行步骤S907的处理。

[0135] 在步骤S906中,电机控制器2对车辆在下坡路行驶时的坡度校正量减小率进行计算。在本步骤中,利用图10对计算出的坡度校正量减小率的计算方法的详情进行说明。

[0136] 图10是用于说明坡度校正量减小率的计算方法的图。横轴表示坡度(%),纵轴表示坡度辅助扭矩的G换算值。关于坡度(%),正值表示上坡路,负值表示下坡路。另外,坡度(%)的绝对值越大,表示越陡的坡度。

[0137] 另外,图10中示出的虚线是与路面的坡度阻力大致一致的坡度辅助扭矩,表示实

施减速度减小处理之前的外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 。即,该虚线表示进行100%的坡度辅助的情况下的坡度辅助扭矩,换言之,该虚线表示坡度校正量减小率为0%的情况下的坡度辅助扭矩。而且,实线表示的是本实施方式中的坡度辅助扭矩。对外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 乘以本步骤中计算出的坡度校正量减小率而计算出坡度辅助扭矩。此外,下坡路的坡度辅助扭矩在图10的横轴上的负的坡度(%) (图的左半部分)时由图示的实线表示。

[0138] 如图所示,在本实施方式中,在直至-10(%)左右为止的比较平缓的坡路,将坡度校正量减小率设为约50%,将坡度辅助量设为一半左右。由此,能够使驾驶员感受到在下坡路行驶,另一方面,能够减小驾驶员用于产生制动力的加速器操作量。

[0139] 接着,以从50%增加至100%的方式计算出-10(%)的坡度至-20(%)的坡度的下坡路的坡度校正量减小率。如上所述,本实施方式的坡度辅助扭矩的上限值是在-10(%)的坡路时在加速器开度完全关闭时能够使车辆停车的扭矩值。即,在应用了本实施方式的电动车辆的控制装置的车辆中,直至-10(%)的坡路为止,仅通过驾驶员的加速器操作而能够使车辆停车。

[0140] 另一方面,在比-10(%)的坡度更陡的下坡路,即使坡度校正量减小率为0%,仅通过加速器操作也无法使车辆停车,因此需要制动器操作。因此,在本实施方式中,在比为了使车辆停车而需要制动器操作的下限坡度(%)即-10(%)的坡度更陡的下坡路,优先抑制驾驶员所产生的不和谐感,为了减小坡度校正量而增大坡度校正减小率。

[0141] 具体而言,以如下方式计算本实施方式的坡度校正量减小率,即,从-10(%)的坡度起直至-15(%)的坡度为止,从50%至100%线性地增加,直至-20(%)的坡度为止而维持100%的减小率。但是,在本实施方式中,只要坡度校正量减小率从-10(%)的坡度增加至-20(%)的坡度、以及坡度校正量减小率在-20(%)的坡度时大致为100%即可,只要其推移未变得不连续则不特别限定。另外,-10(%)的坡度的时刻的坡度校正减小率无需一定为50%,并不特别限定。

[0142] 此外,将成为开始增加坡度校正量减小率的起点的坡度设为-10(%)的坡度,是为了与坡度辅助扭矩的上限值设定为在-10(%)的坡度的坡路在加速器开度完全关闭时能够使车辆停车的扭矩值的情况一致。即,成为开始增加坡度校正量减小率的起点的规定坡度设定为能够以对在加速器操作量为0的情况下车辆所产生的制动力加上预先设定的坡度辅助扭矩的上限值所得的制动扭矩而停车的坡度的最大值。因此,如果对坡度辅助扭矩的上限设定值进行变更,则与此相应地适当变更该规定坡度(%)。

[0143] 而且,在比-20(%)的坡度更陡的陡峭坡度下,减小坡度校正量减小率。在本实施方式中,在-20(%)的坡度下线性地减小100%的坡度校正量减小率,在-30(%)的坡度下设定为约30%的减小率。

[0144] 这里,对在-20(%)的坡度下将坡度校正量减小率设为100%的理由进行说明。在图3所示的加速器开度-扭矩表中,在将加速器开度设为0(完全关闭)的情况下,产生约0.2G的制动力。而且,-20(%)的坡度下的坡度阻力作为行进方向上的G换算值而为0.2G左右。即,根据图3所示的加速器开度-扭矩表,如果将-20(%)的坡度下的坡度校正量减小率设为100%,则能够使-20(%)的坡度下将加速器开度设为0(完全关闭)的情况下车辆所产生的制动力、和作用于车辆的坡度阻力一致。另外,-20(%)的下坡路是人感觉相当陡的坡度,因此通常的驾驶员几乎不会踏入加速器而请求加速,而是会通过将加速器开度完全关闭而

请求减速。

[0145] 因此,如果达到-20(%)的坡度,则即使将坡度校正量减小率设为约100%,在加速器开度完全关闭时至少车辆也不会加速,因此能够排除相对于基于加速器操作的驾驶员的减速请求而车辆加速的情形。

[0146] 另一方面,在比-20(%)的坡度更陡的下坡路,坡度阻力大于加速器开度完全关闭时所产生的制动力,因此即使在加速器开度完全关闭时车辆也会加速。因此,以使得加速器开度完全关闭时的加速度小于或等于0的方式减小坡度校正量减小率而增加坡度辅助量。由此,在较陡的下坡路行驶时,无论加速器操作量是否为0,都因车辆加速而使得驾驶员不会感受到不安。由此,在陡峭坡度的下坡路,能够担保伴随着安心感的驾驶感,并且如果驾驶员产生停车意愿则能够促进制动器操作。

[0147] 以上对下坡路的坡度校正量减小率的计算方法进行了说明。然而,上述具体的数字是以图3中的一个例子所示的加速器开度—扭矩表等为前提而计算出的值,如果加速器开度—扭矩表的值改变则与此相应地适当地变更。另外,可以根据加速器开度—扭矩表、以及路面坡度(%)而适当地计算出坡度校正量减小率,也可以预先对根据加速器开度—扭矩表而求出的表进行存储,参照该表并根据路面坡度(%)而计算出坡度校正量减小率和路面坡度(%)的关系。

[0148] 返回至图9所示的流程继续进行说明。

[0149] 在步骤S905中,如果外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 大于或等于0,则判定为路面并非下坡路,因此为了计算出上坡路的坡度校正量减小率而执行步骤S907的处理。

[0150] 在步骤S907中,电机控制器2对上坡路的坡度校正量减小率进行计算。在本实施方式中,上坡路的坡度校正量减小率由图10的横轴的正的坡度(%)下图示的实线表示。如图所示,本实施方式中的上坡路的坡度校正量减小率设定为约50%。通过这样设定,坡度辅助量在上坡路变为一半左右,因此能够使驾驶员感受到处于在上坡路行驶的过程中,并且能够减小用于产生制动力的加速器操作量。

[0151] 在步骤S908中,对外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 乘以上述坡度校正量减小率而计算出坡度辅助扭矩。电机控制器2在计算出坡度辅助扭矩之后执行接下来的步骤S909的处理。

[0152] 在步骤S909中,电机控制器2对第1扭矩目标值 $T_{m1*}$ 进行计算。更具体而言,如图4所示,将作为驾驶员请求扭矩的基本扭矩目标值 $T_{m0*}$ 和步骤S908中计算出的坡度辅助扭矩相加,计算出第1扭矩目标值 $T_{m1*}$ 。而且,在未即将停止的通常行驶时将第1扭矩目标值 $T_{m1*}$ 设定为电机扭矩指令值 $T_{m*}$ (参照图7)。

[0153] 而且,在步骤910中,电机控制器2根据作为电机扭矩指令值 $T_{m*}$ 而设定的第1扭矩目标值 $T_{m1*}$ 对电机4进行控制,由此执行基于驾驶员的减速请求的车辆的制动控制。

[0154] 参照图11对以上说明的一个实施方式的电动车辆的控制装置应用于电动汽车时的效果进行说明。

[0155] 图11是对基于本实施方式的电动车辆的控制装置的控制结果的一个例子进行说明的时序图。图11所示的是在车速恒定的行驶时的行驶路面的坡度(%)、在坡路行驶中的通常的驾驶员对加速器或者制动器的操作量、以及与此相应地计算出的坡度辅助扭矩。从上按顺序示出了坡度(%)、坡度辅助扭矩、加速器开度、制动器操作量。此外,坡度(%)为正表示上坡路,坡度(%)为负表示下坡路,绝对值越大,表示越陡的坡度。

[0156] 另外,表示坡度辅助扭矩的图中的虚线表示坡度校正量减小率始终为0%的情况下的坡度辅助扭矩、即大致与坡度阻力一致的外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 。

[0157] 另外,表示加速器开度的图中的虚线表示坡度校正量减小率始终为0%、即未进行减速度控制处理的情况下的加速器操作量。而且,图中的点划线表示坡度校正量减小率始终为100%、即未进行坡度校正的情况下的通常的驾驶员的加速器操作量。

[0158] 在 $t_1 \sim t_2$ ,路面的坡度从上坡路向-10(%)的下坡路变化。此时,如图中的虚线所示,未进行减速度控制处理的情况下的坡度辅助扭矩与外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 一致。在该情况下,利用坡度辅助扭矩将坡度阻力分量抵消,因此驾驶员的加速器开度始终恒定。

[0159] 另一方面,本发明的一个实施方式的坡度校正量减小率设定为50%,因此坡度辅助扭矩变为未进行减速度控制处理的情况下的大约一半左右,能够以适当的辅助量使驾驶员感受到处于在坡路行驶的过程中,另一方面,加速器操作量变为未进行坡度校正的情况下的一半左右。这样,将相对于上坡路的比较平缓的下坡路的坡度校正量减小率设为约50%,由此能够使驾驶员无不和谐感地感受到在坡路行驶,并且能够与未进行坡度校正的情况相比而减小加速器操作量。

[0160] 在 $t_2 \sim t_3$ ,在路面坡度在-10(%)至-20(%)的范围内变化的比较陡峭的下坡路行驶。此时,在未进行减速度控制处理的情况下,由坡度辅助扭矩将坡度阻力分量抵消,因此在加速器开度恒定、且陡峭的坡度向更陡峭的坡度变化的情形下,制动力(减速度)增加,因此会使得驾驶员产生控制的不和谐感。

[0161] 另一方面,坡度变得陡峭,与此相应地,本发明的一个实施方式的坡度校正量减小率增加,在比-15(%)更陡峭的坡度下变为100%。因此,坡度越陡则坡度辅助量也越减小,因此能够排除制动力增加的不和谐感。另外,为了在陡峭的下坡路维持车速或者进行减速,需要减小加速器开度。其结果,制动控制依赖于驾驶员,因此不会使驾驶员的加速器操作产生不和谐感。并且,在比-15(%)更平缓的坡度下进行适当的坡度辅助,因此与未进行坡度校正的情况(点划线)相比而能够减小驾驶员的加速器操作量。

[0162] 在 $t_3$ 以后,在路面坡度比-20(%)陡峭的下坡路行驶。此时,在未进行减速度控制处理的情况下,与至此为止同样地由坡度辅助扭矩将坡度阻力分量抵消,因此加速器开度恒定、且维持恒定的车速。

[0163] 另一方面,在比-20(%)陡峭的下坡路,即使将加速器开度设为0,本发明的一个实施方式的坡度校正量减小率也减小至未加速的值而使得坡度辅助量增加。由此,在比-20(%)陡峭的坡路,加速器开度完全关闭的状态下的车速的增加得到抑制,因此能够在陡峭坡度的下坡路以加速器开度完全关闭的状态加速的情况下有可能产生的不安排除,能够提高驾驶员的安心感。另外,在驾驶员存在减速或者停车的意愿的情况下,能够促进从加速器踏板完全关闭的状态向制动器踏板操作的转换。

[0164] 如上,一个实施方式的电动车辆的控制装置具有对车辆施加与加速器操作量相应的制动力或者驱动力的电机4,是实现如下电动车辆的控制方法的控制装置,即,在加速器操作量小于规定值时对制动力进行控制,在加速器操作量大于或等于规定值时对驱动力进行控制,作为与坡度相关的阻力分量而对作用于电机4的外部干扰扭矩进行推定,执行以与外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 相应地将阻力分量抵消的方式使制动力或者驱动力增减的校正。而且,在大于或等于规定坡度的下坡路,减小制动力或者驱动力的校正量。此外,大于或等于

规定坡度的下坡路表示大于或等于规定坡度的陡峭坡度的下坡路。由此,能够减小为了在坡路实现驾驶员的加减速请求所需的加速器操作量,在坡度较大的下坡路,通过将坡度校正量减小至适当的坡度校正量而能够抑制驾驶员所产生的不和谐感。

[0165] 另外,根据一个实施方式的电动车辆的控制装置,在设定校正量(坡度辅助量)的上限值的情况下,减小校正量的规定坡度设定为能够以对在加速器操作量为0的情况下车辆所产生的制动力加上上限值的校正量所得的制动扭矩而停车的坡度的最大值。由此,减小坡度校正量的情形限定为原本为了使车辆停车而需要制动器操作的下坡路,因此无需通过减小坡度校正量而增大制动器操作,能够抑制驾驶员所产生的不和谐感。

[0166] 另外,根据一个实施方式的电动车辆的控制装置,在大于或等于比上述规定坡度更陡的规定的陡峭坡度的下坡路,利用在加速器操作量为0的情况下车辆所产生的制动力以使得车辆的加速度小于或等于0的方式设定校正量(坡度辅助量)。另外,上述规定的陡峭坡度设定为利用在加速器操作量为0的情况下车辆所产生的制动力使得车辆的加速度变为0的坡度。由此,在陡峭坡度的下坡路,无论是否为加速器开度完全关闭状态都能够抑制车辆加速,因此通过减小坡度校正量而能够抑制驾驶员的不和谐感,并且能够给驾驶员带来针对仅通过加速器操作对车辆的制动力进行控制的安心感。

[0167] 以上对本发明所涉及的一个实施方式的电动车辆的控制装置进行了说明,但本发明并不限于上述实施方式,可以进行各种变形、应用。例如,参照图4对用于计算第1扭矩目标值 $T_{m1*}$ 的控制模块的结构进行了说明,但无需具有图4所示的所有结构,例如可以删除比例限制器405、低通滤波器406。

[0168] 另外,在上述说明中,对如下情况进行了说明,即,如果加速器操作量小于或等于规定值、且电动车辆即将停车,则在电机4的旋转速度降低的同时执行使得电机扭矩指令值 $T_{m*}$ 向校正后的外部干扰扭矩推定值 $T_d$ (外部干扰辅助扭矩)收敛的停止控制。然而,车轮速度、车体速度、驱动轴的旋转速度等速度参数与电机4的旋转速度处于正比关系,因此可以在与电机4的旋转速度成正比的速度参数降低的同时使电机扭矩指令值 $T_{m*}$ 向外部干扰扭矩推定值 $T_d$ 收敛。另外,原本在即将停车时无需执行上述停止控制,可以将图2的步骤S203所涉及的停止控制处理删除。



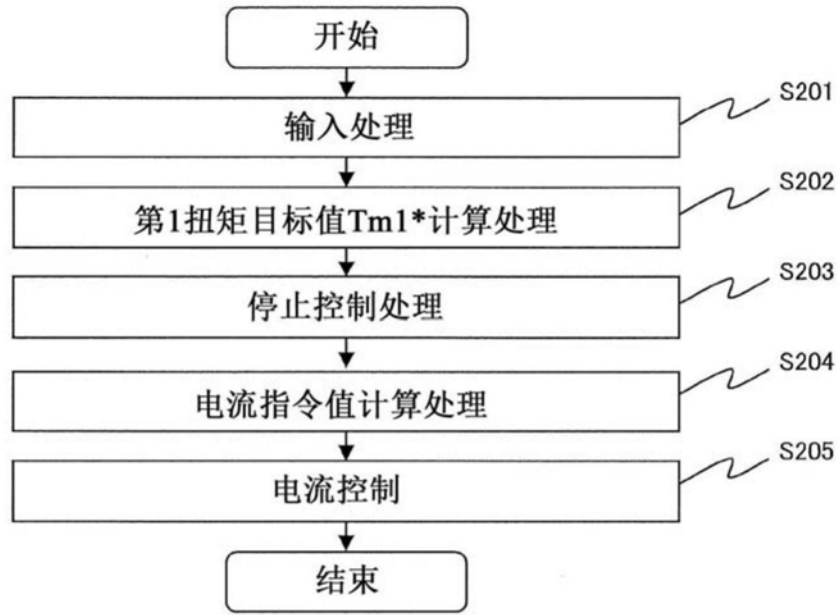


图2

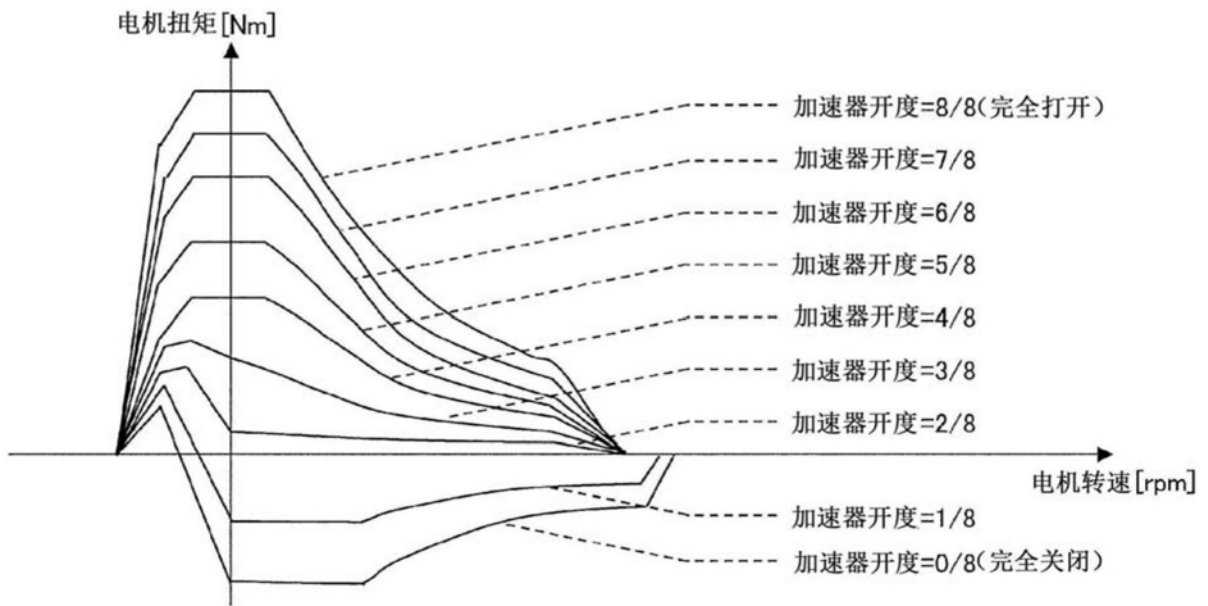


图3

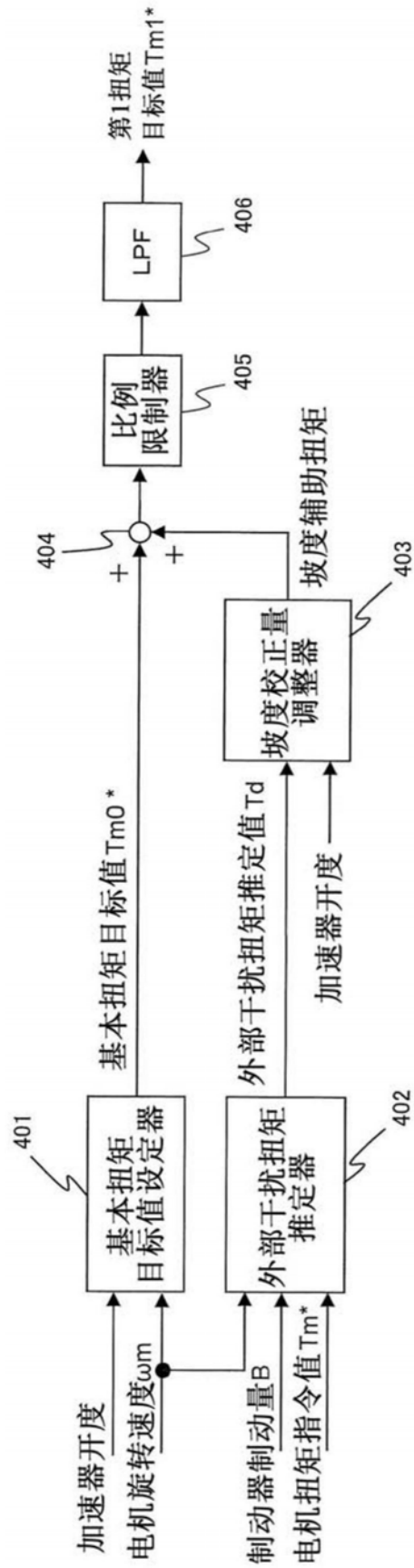


图4

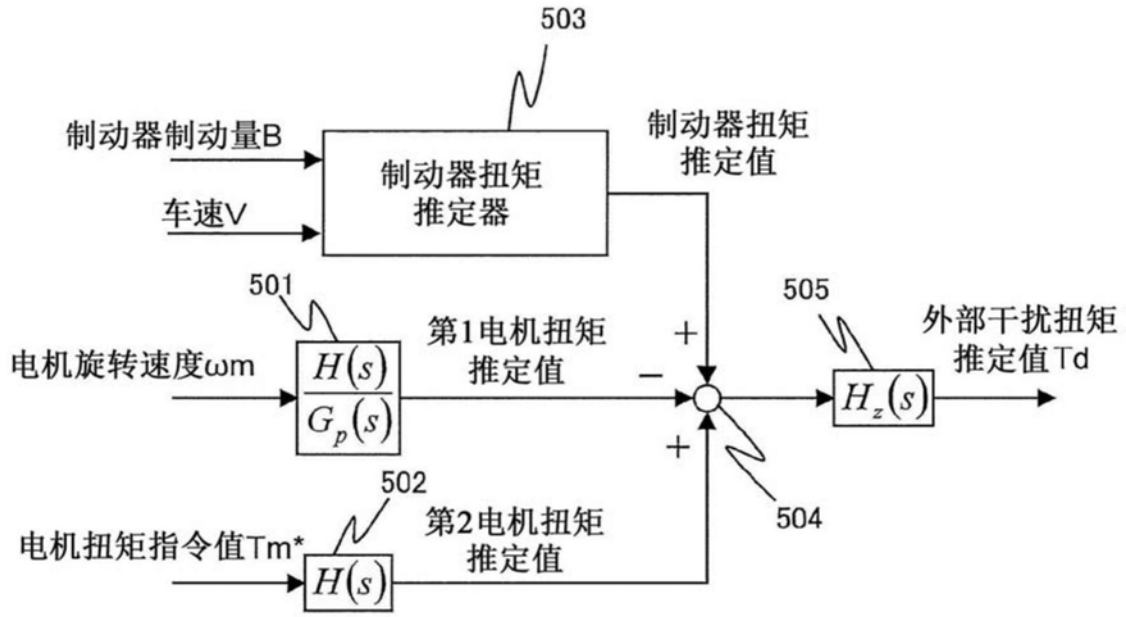


图5

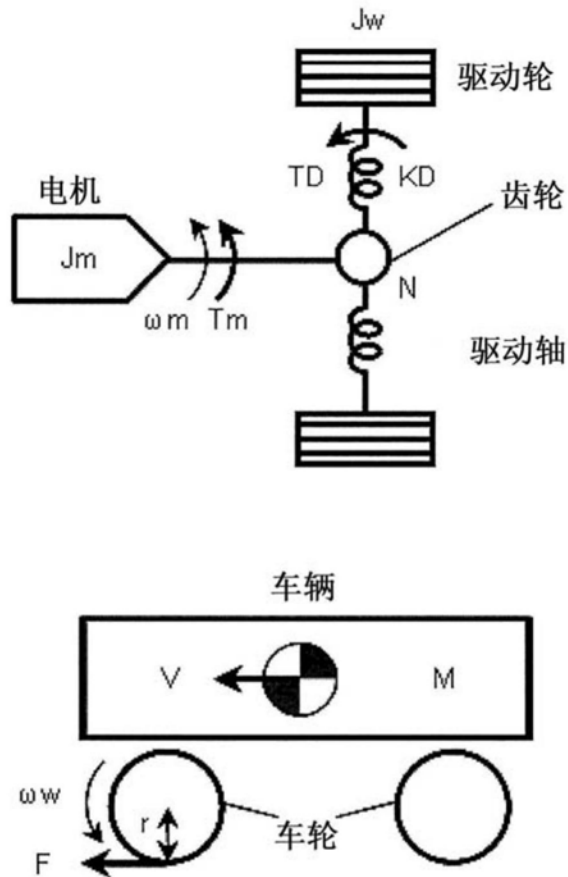


图6

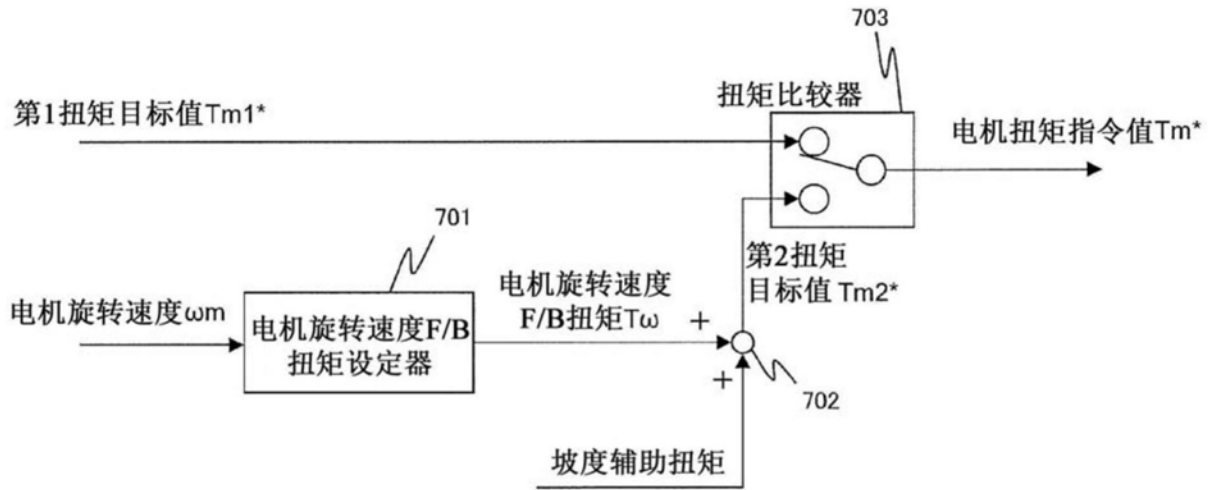


图7

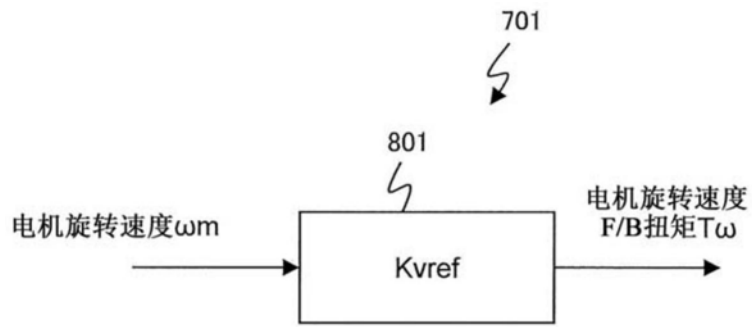


图8

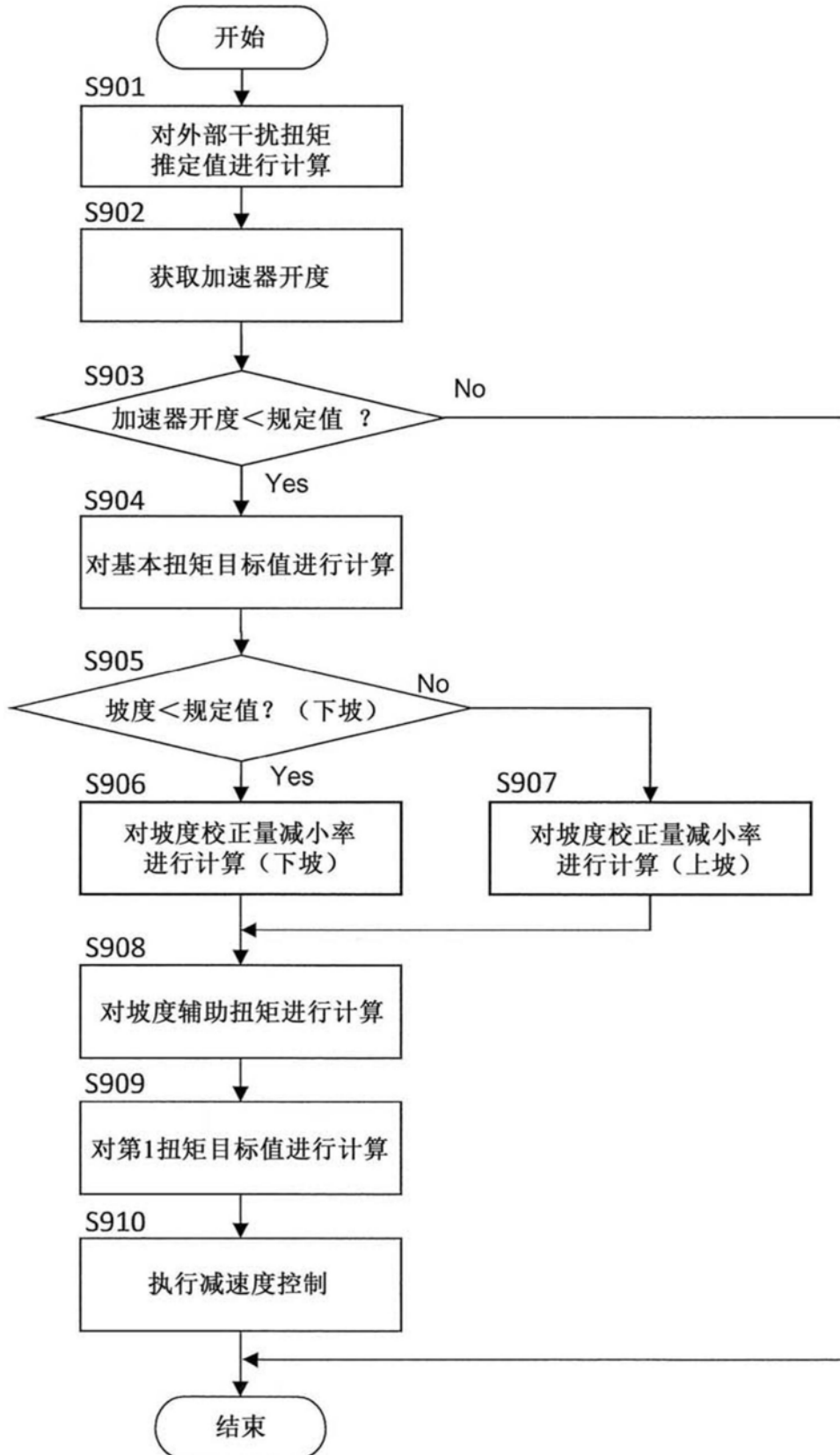


图9

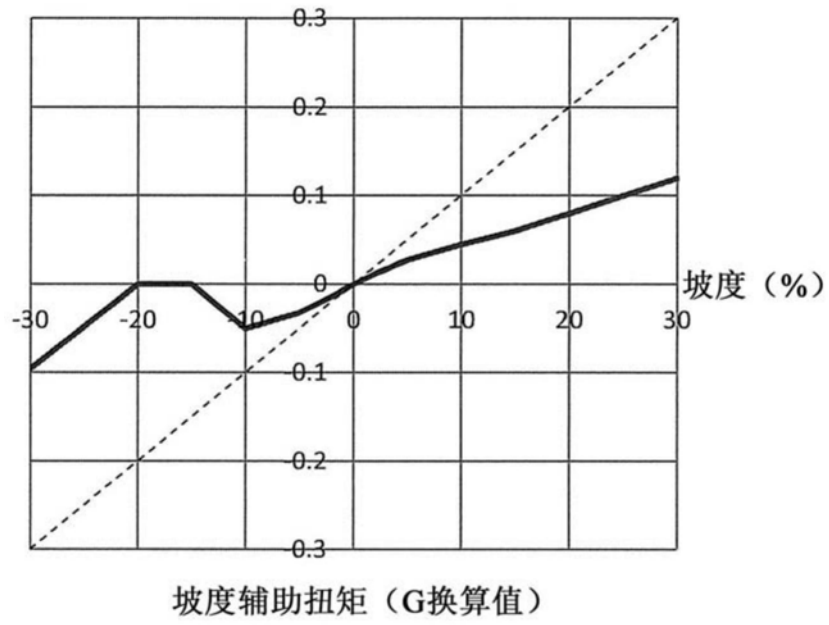


图10

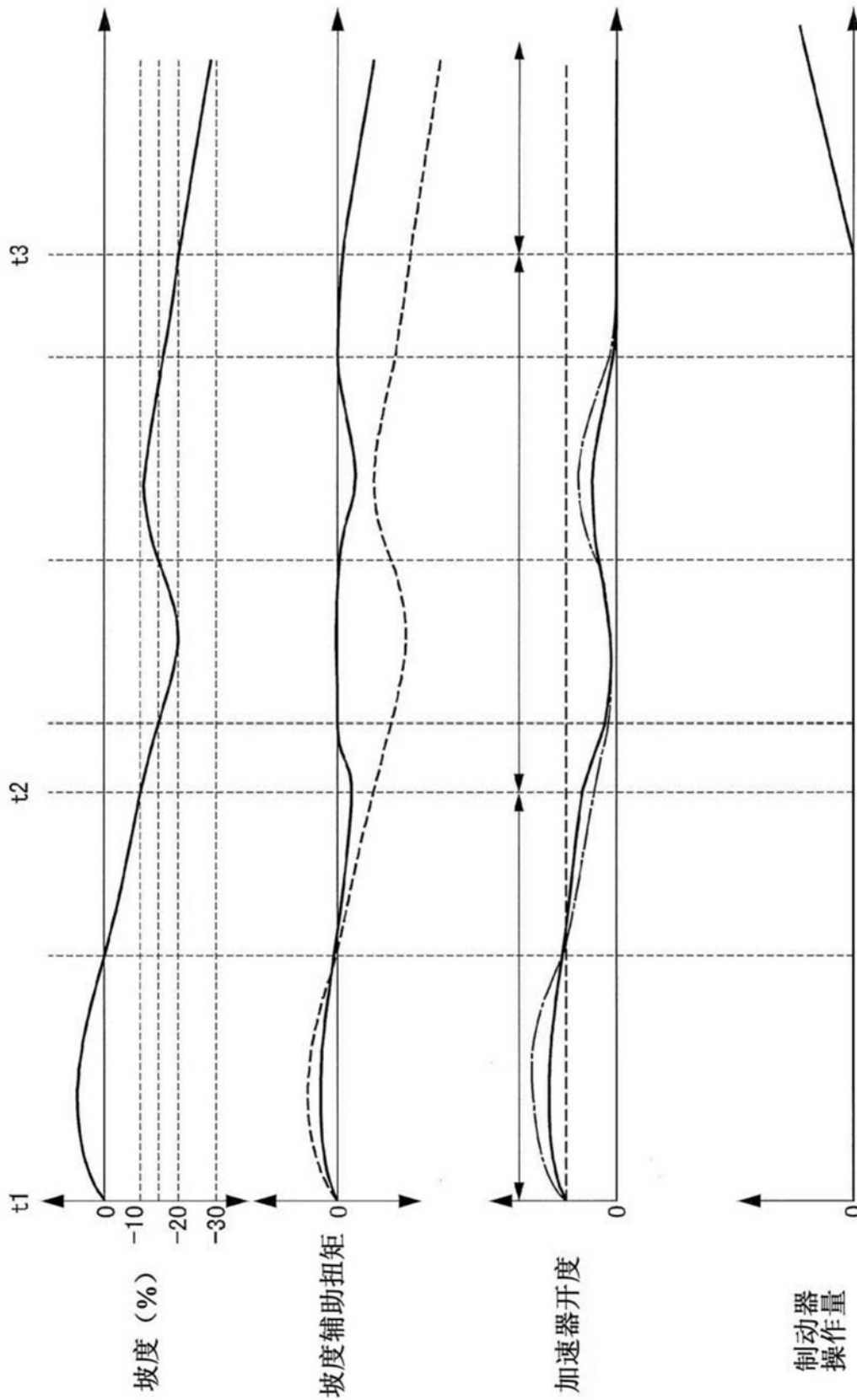


图11