



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104354605 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 08

(21) 申请号 201410614015. 7

(22) 申请日 2014. 11. 04

(73) 专利权人 株洲南车时代电气股份有限公司
地址 412001 湖南省株洲市石峰区时代路
169 号

(72) 发明人 郜永涛 张东方 班立权 刘松柏
鲍睿 肖孟英 赵军伟

(74) 专利代理机构 北京聿宏知识产权代理有限公司 11372
代理人 朱绘 张文娟

(51) Int. Cl.
B60L 15/00(2006. 01)
B60K 31/00(2006. 01)

(56) 对比文件
CN 103534126 A, 2014. 01. 22,

CN 103987569 A, 2014. 08. 13,
CN 103906651 A, 2014. 07. 02,
US 20030176256 A1, 2003. 09. 18,
WO 2004022944 A2, 2004. 03. 18,

审查员 牛跃文

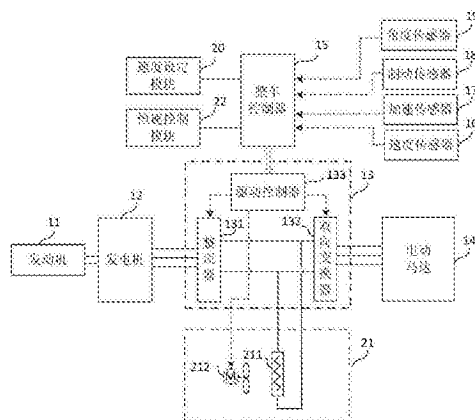
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种用于控制电动轮作业车辆行驶速度的系统及方法

(57) 摘要

本发明提供一种用于控制电动轮作业车辆行驶速度的系统和方法。该系统包括速度设定模块，用于设定目标速度和最小速度阈值；整车控制器，其与设置于车身的速度传感器连接以采集车辆的实际行驶速度，并与角度传感器连接来判断车辆行驶路段的坡度；牵引变流器，其与所述整车控制器连接，用于将发电机输出的交流电转换为驱动力提供给工作于牵引模式的电动马达，或者转换为制动力提供给工作于制动模式的电动马达；其中，整车控制器在恒速控制模式下根据车辆的实际行驶速度和车辆行驶路段的坡度控制提供给电动马达的驱动力矩或者制动力矩的大小，使得车辆行驶速度处于目标速度和最小速度阈值范围内。



1. 一种用于控制电动轮作业车辆行驶速度的系统,其特征在于,包括:

速度设定模块,用于设定目标速度和最小速度阈值;

整车控制器,其与设置于车身的速度传感器连接以采集车辆的实际行驶速度,并与角度传感器连接来判断车辆行驶路段的坡度;

牵引变流器,其与所述整车控制器连接,用于将发电机输出的交流电转换为驱动力提供给工作于牵引模式的电动马达,或者转换为制动力提供给工作于制动模式的电动马达;

其中,整车控制器在恒速控制模式下根据车辆的实际行驶速度和车辆行驶路段的坡度控制提供给电动马达的驱动力矩或者制动力矩的大小,使得车辆行驶速度处于目标速度和最小速度阈值范围内;

所述牵引变流器进一步包括

驱动控制器,其与所述整车控制器连接以接收驱动控制信号或者制动控制信号;

双向变换器,其与所述电动马达连接,响应于来自所述驱动控制器的驱动控制信号为工作于牵引模式的电动马达提供可变驱动力矩,或者,

响应于来自所述驱动控制器的制动控制信号为工作于制动模式的电动马达提供可变制动力矩;

其中,在车辆行驶路段为下坡的情况下,

当车辆实际行驶速度高于目标速度时,所述整车控制器以第一可变步长调整所述制动控制信号,使得双向变换器提供的可变制动力矩大于行驶动力,车辆行驶速度减小以接近目标速度;

当车辆实际行驶速度低于目标速度且高于最小速度阈值时,所述整车控制器以第二可变步长调整所述制动控制信号,使得双向变换器提供的可变制动力矩小于行驶动力,车辆行驶速度增大以接近目标速度。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,当车辆实际行驶速度低于速度阈值时,所述整车控制器输出准备指令使得所述双向变换器提供的制动力矩和驱动力矩均为零。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,在车辆行驶路段为上坡的情况下,

当车辆实际行驶速度低于速度阈值时,所述整车控制器以第三可变步长调整所述驱动控制信号,使得双向变换器提供的可变驱动力矩大于行驶阻力,车辆行驶速度增大以接近速度阈值;

当车辆实际行驶速度低于目标速度且高于最小速度阈值时,所述整车控制器以第四可变步长调整所述驱动控制信号,使得双向变换器提供的可变驱动力矩大于行驶阻力,车辆行驶速度增大以接近目标速度。

4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,当车辆实际行驶速度高于目标速度时,所述整车控制器输出准备指令使得所述双向变换器提供的制动力矩和驱动力矩均为零。

5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,还包括设置于车身的制动传感器和加速传感器,所述整车控制器响应于来自所述制动传感器的制动信号或者来自所述加速传感器的加速信号退出恒速控制模式;

所述双向变换器根据来自所述制动传感器的制动信号为电动马达提供制动力矩,或者根据来自所述加速传感器的加速信号为电动马达提供驱动力矩。

6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述整车控制器在恒速控制模式下根据发

动机的最大驱动力计算驱动调节比例系数得到所述驱动控制信号；

以及/或者

根据发动机的最大制动力计算制动调节比例系数得到所述制动控制信号。

7. 根据权利要求1或2所述的系统,其特征在於,所述整车控制器根据当前采样时刻的车辆行驶速度与目标速度的差值,历史采样时刻的车辆行驶速度与目标速度的差值计算第一可变步长和第二可变步长。

8. 根据权利要求3或4所述的系统,其特征在於,所述整车控制器根据当前采样时刻的车辆行驶速度与目标速度的差值,历史采样时刻的车辆行驶速度与目标速度的差值计算第三可变步长和第四可变步长。

9. 一种用于控制电动轮作业车辆行驶速度的方法,其特征在於,包括以下步骤:

设定目标速度和最小速度阈值;

检测车辆实际行驶速度和车辆行驶路段的坡度;

在恒速控制模式下根据车辆实际行驶速度和车辆行驶路段的坡度控制提供给电动马达的驱动力矩或者制动力矩的大小,使得车辆行驶速度处于目标速度和最小速度阈值范围内;

其中,在车辆行驶路段为下坡的情况下,

当车辆实际行驶速度高于目标速度时,以第一可变步长调整所述制动控制信号,使得双向变换器提供的可变制动力矩大于行驶动力,车辆行驶速度减小以接近目标速度;

当车辆实际行驶速度低于目标速度且高于最小速度阈值时,以第二可变步长调整所述制动控制信号,使得双向变换器提供的可变制动力矩小于行驶动力,车辆行驶速度增大以接近目标速度。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在於,在车辆行驶路段为上坡的情况下,

当车辆实际行驶速度低于速度阈值时,所述整车控制器以第三可变步长调整所述驱动控制信号,使得双向变换器提供的可变驱动力矩大于行驶阻力,车辆行驶速度增大以接近速度阈值;

当车辆实际行驶速度低于目标速度且高于最小速度阈值时,所述整车控制器以第四可变步长调整所述驱动控制信号,使得双向变换器提供的可变驱动力矩大于行驶阻力,车辆行驶速度增大以接近目标速度。

一种用于控制电动轮作业车辆行驶速度的系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电动轮作业车辆技术领域,具体地说,涉及一种用于控制电动轮作业车辆行驶速度的系统及方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着大型露天矿山的开采建设日益增多,作为主要矿山运输工具的重型矿用车辆的需求迅速增长。其中,电动轮作业车辆属于矿用车辆中最主要的类型之一。由于电动轮作业车辆逐渐向大型化发展,载重量不断增大,并且其行使环境多为矿山等坡道较多的复杂路面,对车辆行驶安全提出了更高的要求。

[0003] 例如,电动轮自卸车用于运输沙石料、煤炭和矿石等,行驶于露天非公路地区,路面条件多为砂砾、碎石和矿渣等组成的砂石路面,并且路面坡道较多。由于电动轮自卸车载重非常大、工作道路状况较差,更容易发生交通事故,车辆的制动性能和速度控制非常重要。

[0004] 目前,电动轮自卸车主要工作方式为:由柴油机带动发电机发电,驱动后轮轮毂中的电动机,高转速的轮毂电动机经外侧的行星式轮边减速机降低转速,驱动后轮前进。电动轮自卸车通常采用电阻制动方式。车辆在减速制动工况下,将牵引电动机转换为发电机,将自卸车的动能转换为电能。通过能量转换方式,将制动能量转换为热能消耗在制动电阻上,并通过风机排出热量。这一制动方式结构相对简单、可提供较大制动力,广泛应用于大吨位电动轮自卸车。

[0005] 现有电制动方式电动轮自卸车采用人工施加电制动的方式,对司机要求比较严格。一方面,司机在制动操作过程中要不断注意观察显示仪表或显示器的车速,以使得行驶速度控制在安全范围之内。另一方面,司机通过手刹或者脚刹方式控制电制动力的大小,容易造成车速控制不稳,控制滞后等现象,导致车辆行驶过程中容易超速,增加安全隐患。

[0006] 因此,亟需一种能够实现电动轮作业车辆自动速度控制的系统及方法。

发明内容

[0007] 本发明解决的技术问题之一在于电动轮自卸车的电制动方式容易造成车速控制不稳,控制滞后的现象。

[0008] 本发明提供一种用于控制电动轮作业车辆行驶速度的系统,包括:

[0009] 速度设定模块,用于设定目标速度和最小速度阈值;

[0010] 整车控制器,其与设置于车身的速度传感器连接以采集车辆的实际行驶速度,并与角度传感器连接来判断车辆行驶路段的坡度;

[0011] 牵引变频器,其与所述整车控制器连接,用于将发电机输出的交流电转换为驱动力提供给工作于牵引模式的电动马达,或者转换为制动力提供给工作于制动模式的电动马达;

[0012] 其中,整车控制器在恒速控制模式下根据车辆的实际行驶速度和车辆行驶路段的

坡度控制提供给电动马达的驱动力矩或者制动力矩的大小,使得车辆行驶速度处于目标速度和最小速度阈值范围内。。

[0013] 在一个实施例中,所述牵引变流器进一步包括

[0014] 驱动控制器,其与所述整车控制器连接以接收驱动控制信号或者制动控制信号;

[0015] 双向变换器,其与所述电动马达连接,响应于来自所述驱动控制器的驱动控制信号为工作于牵引模式的电动马达提供可变驱动力矩,或者,

[0016] 响应于来自所述驱动控制器的制动控制信号为工作于制动模式的电动马达提供可变制动力矩。

[0017] 在一个实施例中,在车辆行驶路段为下坡的情况下,

[0018] 当车辆实际行驶速度高于目标速度时,所述整车控制器以第一可变步长调整所述制动控制信号,使得双向变换器提供的可变制动力矩大于行驶动力,车辆行驶速度减小以接近目标速度;

[0019] 当车辆实际行驶速度低于目标速度且高于最小速度阈值时,所述整车控制器以第二可变步长调整所述制动控制信号,使得双向变换器提供的可变制动力矩小于行驶动力,车辆行驶速度增大以接近目标速度。

[0020] 在一个实施例中,当车辆实际行驶速度低于速度阈值时,所述整车控制器输出准备指令使得所述双向变换器提供的制动力矩和驱动力矩均为零。

[0021] 在一个实施例中,在车辆行驶路段为上坡的情况下,

[0022] 当车辆实际行驶速度低于速度阈值时,所述整车控制器以第三可变步长调整所述驱动控制信号,使得双向变换器提供的可变驱动力矩大于行驶阻力,车辆行驶速度增大以接近速度阈值;

[0023] 当车辆实际行驶速度低于目标速度且高于最小速度阈值时,所述整车控制器以第四可变步长调整所述驱动控制信号,使得双向变换器提供的可变驱动力矩大于行驶阻力,车辆行驶速度增大以接近目标速度。

[0024] 在一个实施例中,当车辆实际行驶速度高于目标速度时,所述整车控制器输出准备指令使得所述双向变换器提供的制动力矩和驱动力矩均为零。

[0025] 在一个实施例中,还包括设置于车身的制动传感器和加速传感器,所述整车控制器响应于来自所述制动传感器的制动信号或者来自所述加速传感器的加速信号退出恒速控制模式;

[0026] 所述双向变换器根据来自所述制动传感器的制动信号为电动马达提供制动力矩,或者根据来自所述加速传感器的加速信号为电动马达提供驱动力矩。

[0027] 在一个实施例中,所述整车控制器在恒速控制模式下根据发动机的最大驱动力计算驱动调节比例系数得到所述驱动控制信号;

[0028] 以及/或者

[0029] 根据发动机的最大制动力计算制动调节比例系数得到所述制动控制信号。

[0030] 在一个实施例中,所述整车控制器根据当前采样时刻的车辆行驶速度与目标速度的差值,历史采样时刻的车辆行驶速度与目标速度的差值计算第一可变步长和第二可变步长。

[0031] 在一个实施例中,所述整车控制器根据当前采样时刻的车辆行驶速度与目标速度

的差值,历史采样时刻的车辆行驶速度与目标速度的差值计算第三可变步长和第四可变步长。

[0032] 根据本发明的另一方面,提供用于控制电动轮作业车辆行驶速度的方法,包括以下步骤:

[0033] 设定目标速度和最小速度阈值;

[0034] 检测车辆实际行驶速度和车辆行驶路段的坡度;

[0035] 在恒速控制模式下根据车辆实际行驶速度和车辆行驶路段的坡度控制提供给电动马达的驱动力矩或者制动力矩的大小,使得车辆行驶速度处于目标速度和最小速度阈值范围内。

[0036] 在一个实施例中,在车辆行驶路段为下坡的情况下,

[0037] 当车辆实际行驶速度高于目标速度时,以第一可变步长调整所述制动控制信号,使得双向变换器提供的可变制动力矩大于行驶动力,车辆行驶速度减小以接近目标速度;

[0038] 当车辆实际行驶速度低于目标速度且高于最小速度阈值时,以第二可变步长调整所述制动控制信号,使得双向变换器提供的可变制动力矩小于行驶动力,车辆行驶速度增大以接近目标速度。

[0039] 在一个实施例中,在车辆行驶路段为上坡的情况下,

[0040] 当车辆实际行驶速度低于速度阈值时,所述整车控制器以第三可变步长调整所述驱动控制信号,使得双向变换器提供的可变驱动力矩大于行驶阻力,车辆行驶速度增大以接近速度阈值;

[0041] 当车辆实际行驶速度低于目标速度且高于最小速度阈值时,所述整车控制器以第四可变步长调整所述驱动控制信号,使得双向变换器提供的可变驱动力矩大于行驶阻力,车辆行驶速度增大以接近目标速度。

[0042] 本发明的有益效果在于,在车辆频繁上下坡的情况下,通过设定恒定目标速度实现电动轮自卸车的恒速自动控制,减少了人工操作干预,降低了操作压力。

[0043] 在不同的速度区间中的速度调整步长并不相同,在车辆实际行驶速度与目标速度偏差较大时,可以快速调节速度;在在车辆实际行驶速度与目标速度偏差较小时,以较小步长调节速度能够有效避免过调制。

附图说明

[0044] 附图用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明的实施例共同用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0045] 图1是本发明实施例的电动轮自卸车整体结构示意图;

[0046] 图2是本发明实施例的电动轮自卸车的电路结构示意图;

[0047] 图3是本发明实施例的控制电动轮作业车辆行驶速度的方法的步骤流程图;

[0048] 图4是本发明实施例的在下坡路段控制速度的方法的步骤流程图;

[0049] 图5是本发明实施例的在上坡路段控制速度的方法的步骤流程图;

[0050] 图6a和图6b是本发明实施例的速度控制结果示意图。

具体实施方式

[0051] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,以下结合附图对本发明作进一步地详细说明。

[0052] 下面结合图1和图2以后轮驱动式的电动轮作业车辆为例进行说明。

[0053] 电动轮作业车辆100的包括车身1、前轮2和后轮3。前轮2设置于车身1的前部,作为提供转向功能的转向轮。后轮3设置于车身1的后部,作为提供驱动和制动功能的驱动轮。

[0054] 发动机11设置于车身1内部,可以采用大型的柴油发动机。发动机11驱动发电机12,产生三项交流电(例如1500KW左右)。牵引变流器13和整车控制器15共同完成对电动轮作业车辆100的速度控制。牵引变流器13通过CAN总线与整车控制器15连接,为电动马达14提供驱动力或者制动力。牵引变流器13还与制动电阻柜21连接。当牵引变流器13提供制动力时,通过设置在制动电阻柜21中的电阻将制动力转化为热能。

[0055] 如图2所示,牵引变流器13包括整流器131、双向变换器132和驱动控制器133。制动电阻柜21包括制动电阻211和风机212。

[0056] 其中,整流器131可采用诸如二极管等整流元件,对发电机12产生的三项交流电进行全波整流。整流器131与发电机12的输出端连接,将从发电机12输出的三相交流电转换为直流电。整流器131输出端通过布线与双向变换器132连接。

[0057] 双向变换器132采用多个开关元件(图2中未示出),例如可使用绝缘栅双极型晶体管(IGBT)。一方面,当电动轮作业车辆100加速时,电动马达14工作在牵引模式,双向变换器132工作为逆变器,将直流电转换为可变频率的三相交流电,并将三相交流电转换为驱动力提供给电动马达14。另一方面,当电动轮作业车辆100减速时,电动马达14作为发电机工作在制动模式,双向变换器132工作为整流器,将电动马达14产生的三相交流电转换为直流电,通过并联连接的制动电阻211将电能转化为热能,驱动控制器133控制风机212向制动电阻211提供冷却风,使得由制动力转化生成的热能消耗在大气当中。

[0058] 速度传感器16的输出端连接整车控制器15。由于电动轮作业车辆在转弯过程中两个后轮的转速并不相同,本实施例中速度传感器16包括分别设置于后轮3和7的旋转轴附近的两个传感器件(图中未示出),分别对后轮3和7的旋转轴的旋转速度进行检测,并基于两个后轮旋转速度的平均值计算得到车辆的行驶速度。

[0059] 加速传感器17用于检测加速踏板的加速操作,将与加速踏板的状态相应的加速信号输出给整车控制器15。

[0060] 制动传感器18用于检测制动踏板的制动操作,将与制动踏板(或者制动手柄)的状态相应的制动信号输出给整车控制器15。加速传感器17由诸如电位计等组件构成。优选地,车上同时装了制动踏板和制动手柄,既可以采用制动踏板也可以用制动手柄来制动。如果两个同时动作,则制动力取二者最大值。制动踏板的前半程实现电阻制动,后半程电阻制动和机械制动同时存在。

[0061] 在本实施例中,角度传感器19设置于车身1上,通过RS485接口与整车控制器15连接。整车控制器15采集角度传感器19的信号可以判断当前车辆的行驶路段是上坡、下坡还是水平路段。

[0062] 速度设定模块20与整车控制器15连接,用于设定车辆行驶的目标速度 V_0 和最小速度阈值 V_{th} 。这样设置的目的在于,通过速度控制使电动轮作业车辆的行驶速度在目标速度与最小速度阈值构成的区间内波动,以免出现速度跳变和超速现象。需要说明的是,根据电

动轮作业车辆的载重情况和工作环境可以设定不同的目标速度和最小速度阈值。此外,可设置恒速控制模块22与整车控制器15连接,整车控制器15响应来自恒速控制模块22的指令工作在恒速控制模式下。

[0063] 本领域技术人员容易理解,速度设定模块20和恒速控制模块22可以设置为旋钮或者按键,也可以设置为车载显示屏中的功能模块。

[0064] 在未检测到来自加速传感器17的加速信号以及来自制动传感器18的制动信号的情况下,如果检测到恒速控制模块22的指令信号有效时,整车控制器15工作在恒速控制模式下,根据车辆的实际行驶速度和车辆行驶路段的坡度控制提供给电动马达14的驱动力矩或者制动力矩的大小,使得车辆行驶速度处于目标速度和最小速度阈值范围内。

[0065] 具体来说,驱动控制器133通过CAN总线与整车控制器15连接以接收驱动控制信号或者制动控制信号。双向变换器132与电动马达14连接,响应于来自驱动控制器133的驱动控制信号为工作于牵引模式的电动马达14提供可变驱动力矩,或者,响应于来自驱动控制器133的制动控制信号为工作于制动模式的电动马达14提供可变制动力矩。

[0066] 在检测到来自加速传感器17的加速信号,或者来自制动传感器18的制动信号的情况下,整车控制器15退出恒速控制模式。此时,双向变换器132根据来自加速传感器17的加速信号为电动马达提供驱动力矩,或者根据来自制动传感器18的制动信号为电动马达提供制动力矩,从而控制车辆的行驶速度。这样一来,若司机在车辆的自动恒速控制过程中主动触发制动或者牵引模式,则优先采用制动或者牵引模式,同时退出自动恒速模式。可以避免出现不能加速,或者遇到紧急情况不能减速的情形。

[0067] 优选地,为了提高速度控制精度,本实施例中整车控制器15将实时采集的车辆速度放大10倍再与目标速度和最小速度阈值放大10倍的结果进行速度比较。进一步,由于电动机的负载特性决定了其具有一最大制动力 F_b ,以及一最大驱动力 F_q ,本实施例中整车控制器15在恒速控制模式下基于最大制动力 F_b 计算制动调节比例系数得到制动控制信号,或者基于最大驱动力 F_q 计算驱动调节比例系数得到驱动控制信号。

[0068] 以下具体说明整车控制器15的速度控制过程。制动力矩或者牵引力矩的增量值表达式为:

$$[0069] \quad \Delta Y_n = AX_n - BX_{n-1} + CX_{n-2} \quad (1)$$

[0070] 其中, ΔY_n 表示第 n 时刻需要施加的制动力矩或者牵引力矩的增量值, X_n, X_{n-1}, X_{n-2} ,分别表示第 $n, n-1, n-2$ 时刻的速度采样值与目标速度值的差值。

[0071] 为了在速度控制过程中保持最优运行状态,需要实时调整 A, B, C 三个参数。设 $A = A_0 + A(t), B = B_0 + B(t), C = C_0 + C(t)$,其中 A_0, B_0, C_0 是控制参数的初值,需要根据系统特性调定。代入表达式(1)得到:

$$[0072] \quad \Delta Y_n = A_0 X_n - B_0 X_{n-1} + C_0 X_{n-2} + A(t) X_n - B(t) X_{n-1} + C(t) X_{n-2} \quad (2)$$

[0073] 因此,在实际控制过程中只要根据车辆的速度误差实时地调整参数 $A(t), B(t)$ 及 $C(t)$ 的值,就能够使控制过程达到最优。本实施例中在不同的速度区间采用不同的步长来调整制动调节比例系数和驱动调节比例系数。

[0074] 一方面,在整车控制器15根据角度传感器19的信号判断车辆行驶路段为下坡的情况下,整车控制器15实时采集速度传感器16的输出信号,得到车辆当前的实际行驶速度 V 。

[0075] 当车辆实际行使速度 V 高于目标速度 V_0 时($V > V_0$),以第一可变步长调整制动控制信

号,使得双向变换器132提供的可变制动力矩大于行驶动力,车辆行驶速度减小以接近目标速度。需要说明的是,车辆在下坡路段的行驶动力为由于车辆重力产生的向下方运动的拉力,并非发动机提供的牵引力。

[0076] 具体来说,第一可变步长可表示为 $\alpha\beta_1k$,从而

$$[0077] \quad A(t_n) = A(t_{n-1}) + \alpha\beta_1k$$

$$[0078] \quad B(t_n) = B(t_{n-1}) + \alpha\beta_1k \quad (3)$$

$$[0079] \quad C(t_n) = C(t_{n-1}) + \alpha\beta_1k$$

[0080] 其中, α 为绝对值小于等于1的系数, k 为参数整定的步长, β_1 为制动调节比例系数。 k 与车辆行驶的速度误差有关,需要根据车辆实际运行状况进行整定。优选地设定 $\beta_1 = 1$ 以使得车辆行驶速度迅速减小以接近目标速度。

[0081] 当车辆实际行驶速度 V 低于目标速度 V_0 且高于最小速度阈值 V_{th} 时($V_0 > V > V_{th}$),以第二可变步长调整制动控制信号,使得双向变换器132提供的可变制动力矩小于行驶动力,车辆行驶速度增大以接近目标速度。

[0082] 具体来说,第二可变步长为可表示为 $\alpha\beta_2k$,从而

$$[0083] \quad A(t_n) = A(t_{n-1}) + \alpha\beta_2k$$

$$[0084] \quad B(t_n) = B(t_{n-1}) + \alpha\beta_2k \quad (4)$$

$$[0085] \quad C(t_n) = C(t_{n-1}) + \alpha\beta_2k$$

[0086] 其中, α 和 k 的含义与上文相同, β_2 为制动调节比例系数。优选地设定 $\beta_2 = 0.8$ 以使得车辆行驶速度缓慢增大以接近目标速度。

[0087] 当车辆实际行驶速度 V 低于速度阈值 V_{th} 时($V_{th} > V$),整车控制器15输出准备指令使得双向变换器132提供的制动力矩和驱动力矩均为零。这种情况下车辆运行于准备工况,处于怠速状态,可减少能源消耗。利用行驶动力使车辆行驶速度增大以接近目标速度。

[0088] 另一方面,在整车控制器15根据角度传感器19的信号判断车辆行驶路段为上坡的情况下,当车辆实际行驶速度 V 低于速度阈值 V_{th} 时($V_{th} > V$),整车控制器15以第三可变步长调整驱动控制信号,使得双向变换器132提供的可变驱动力矩大于行驶阻力,车辆行驶速度增大以接近速度阈值。其中,行驶阻力为由于车辆重力产生的向下方运动的拉力。

[0089] 具体来说,第三可变步长可表示为 $\alpha\beta_3k$,从而

$$[0090] \quad A(t_n) = A(t_{n-1}) + \alpha\beta_3k$$

$$[0091] \quad B(t_n) = B(t_{n-1}) + \alpha\beta_3k \quad (5)$$

$$[0092] \quad C(t_n) = C(t_{n-1}) + \alpha\beta_3k$$

[0093] 其中, α 和 k 的含义与上文相同, β_3 为驱动调节比例系数。优选地设定 $\beta_3 = 1$ 以使得车辆行驶速度迅速增大以接近目标速度。

[0094] 当车辆实际行驶速度 V 低于目标速度 V_0 且高于最小速度阈值 V_{th} 时($V_0 > V > V_{th}$),所述整车控制器以第四可变步长调整所述驱动控制信号,使得双向变换器提供的可变驱动力矩大于行驶阻力,车辆行驶速度增大以接近目标速度。

[0095] 具体来说,第四可变步长可表示为 $\alpha\beta_4k$,从而

$$[0096] \quad A(t_n) = A(t_{n-1}) + \alpha\beta_4k$$

$$[0097] \quad B(t_n) = B(t_{n-1}) + \alpha\beta_4k \quad (6)$$

$$[0098] \quad C(t_n) = C(t_{n-1}) + \alpha\beta_4k$$

[0099] 其中, α 和 k 的含义与上文相同, β_4 为驱动调节比例系数。优选地设定 $\beta_4=0.5$ 以使得车辆行驶速度缓慢增大以接近目标速度。

[0100] 当车辆实际行驶速度高于目标速度时($V>V_0$),所述整车控制器输出准备指令使得所述双向变换器提供的制动力矩和驱动力矩均为零,这种情况下车辆运行于准备工况,处于怠速状态,利用行驶阻力使车辆行驶速度减小以接近目标速度。

[0101] 对于车辆行驶路段为水平路面的情况,类似于上坡情形,不再赘述。

[0102] 图3所示为本实施例中用于控制电动轮作业车辆行驶速度的方法的步骤流程图。首先在步骤S301中设定目标速度和最小速度阈值,然后在步骤S302中检测车辆实际行驶速度和车辆行驶路段的坡度。最后执行步骤S303,在恒速控制模式下根据车辆实际行驶速度和车辆行驶路段的坡度控制提供给电动马达的驱动力矩或者制动力矩的大小,使得车辆行驶速度处于目标速度和最小速度阈值范围内。

[0103] 图4是本发明一实施例的在下坡路段速度控制方法的流程图。

[0104] 首先检测车辆的实际行驶速度(步骤S401),然后将车辆的实际行驶速度 V 分别与目标速度 V_0 和最小速度阈值 V_{th} 进行比较(步骤S402)。

[0105] 当车辆实际行使速度 V 高于目标速度 V_0 时($V>V_0$),以第一可变步长调整制动控制信号,使得双向变换器132提供可变制动力矩(步骤S403)。

[0106] 当车辆实际行驶速度 V 低于目标速度 V_0 且高于最小速度阈值 V_{th} 时($V_0>V>V_{th}$),以第二可变步长调整制动控制信号,使得双向变换器132提供可变制动力矩(步骤S404)。

[0107] 当车辆实际行驶速度 V 低于速度阈值 V_{th} 时($V_{th}>V$),使得双向变换器132提供的制动力矩和驱动力矩均为零,车辆运行于准备工况,处于怠速状态(步骤S405)。

[0108] 然后循环执行步骤S401,实时检测车辆实际行驶速度,进行下一循环的速度控制。

[0109] 图5是本发明一实施例的在上坡路段速度控制方法的流程图。

[0110] 首先检测车辆的实际行驶速度(步骤S501),然后将车辆的实际行驶速度 V 分别与目标速度 V_0 和最小速度阈值 V_{th} 进行比较(步骤S502)。

[0111] 当车辆实际行驶速度 V 低于速度阈值 V_{th} 时($V_{th}>V$),以第三可变步长调整驱动控制信号,使得双向变换器132提供可变驱动力矩(步骤S503)。

[0112] 当车辆实际行驶速度 V 低于目标速度 V_0 且高于最小速度阈值 V_{th} 时($V_0>V>V_{th}$),以第四可变步长调整驱动控制信号,使得双向变换器132提供可变驱动力矩(步骤S504)。

[0113] 当车辆实际行驶速度高于目标速度时($V>V_0$),使得双向变换器132提供的制动力矩和驱动力矩均为零,车辆运行于准备工况,处于怠速状态(步骤505)。

[0114] 然后循环执行步骤S501,实时检测车辆实际行驶速度,进行下一循环的速度控制。

[0115] 图4和图5中第一可变步长、第二可变步长、第三可变步长和第四可变步长的计算过程与上文相同,不再赘述。

[0116] 本实施例中速度控制的方法可达到图6a和图6b所示的效果。其中,图6a表示一段模拟坡道,包括水平路段、上坡路段和下坡路段。图6b中显示了行驶速度在目标速度与最小速度阈值构成的区间内波动。

[0117] 本实施例中兼顾车辆动态性能和静态性能之间的矛盾,在车辆频繁上下坡的情况下实施速度控制。通过设定恒定速度,实现电动轮自卸车的恒速自动控制,减少了人工操作干预,降低了操作压力。

[0118] 在下坡路段,设定的最低速度阈值为工况切换速度,其低于目标速度,在实际速度大于工况切换速度时,根据实际速度与目标速度差值的输出制动控制信号,使制动力一直存在,减少了制动设备和牵引设备之间的频繁切换。

[0119] 在上坡路段,设定的目标速度为工况切换速度,在实际速度小于工况切换速度时,根据实际速度与目标速度差值的输出驱动控制信号,使驱动力一直存在,减少了制动设备和牵引设备之间的频繁切换。

[0120] 此外,本实施例在不同的速度区间中的速度调整步长并不相同,在车辆实际行驶速度与目标速度偏差较大时,可以快速调节速度;在车辆实际行驶速度与目标速度偏差较小时,以较小步长调节速度能够有效避免过调制。

[0121] 虽然本发明所公开的实施方式如上,但所述的内容只是为了便于理解本发明而采用的实施方式,并非用以限定本发明。任何本发明所属技术领域的技术人员,在不脱离本发明所公开的精神和范围的前提下,可以在实施的形式上及细节上作任何的修改与变化,但本发明的专利保护范围,仍须以所附的权利要求书所界定的范围为准。

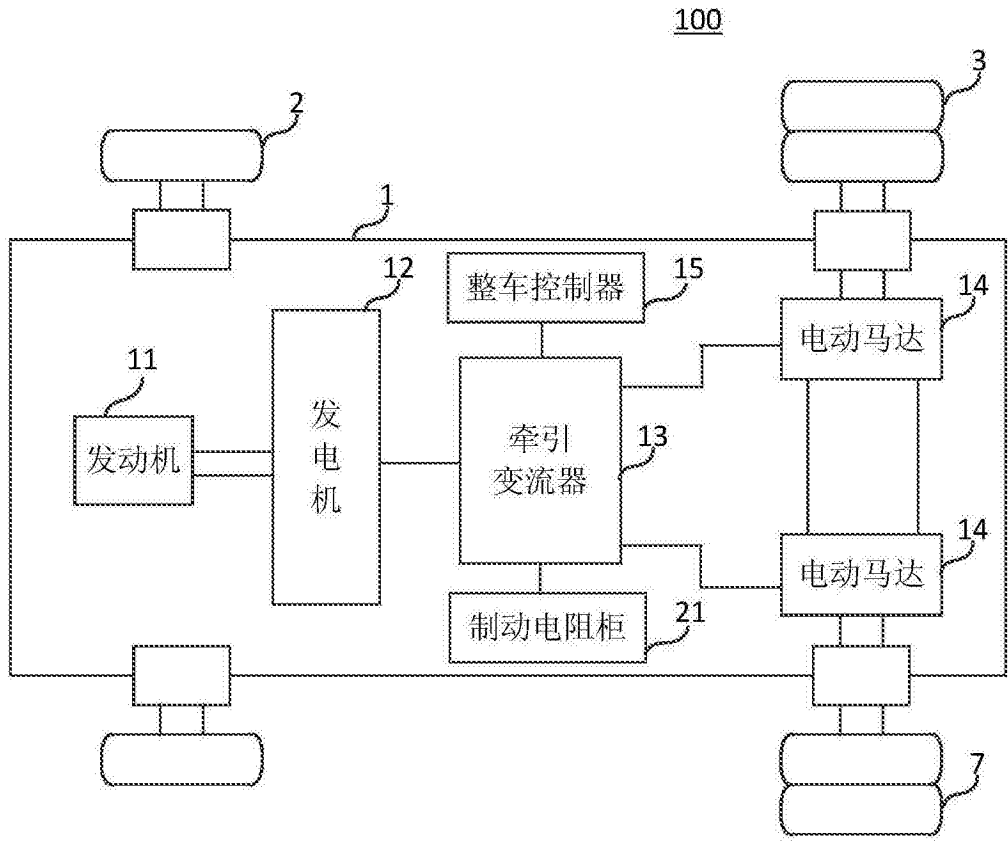


图1

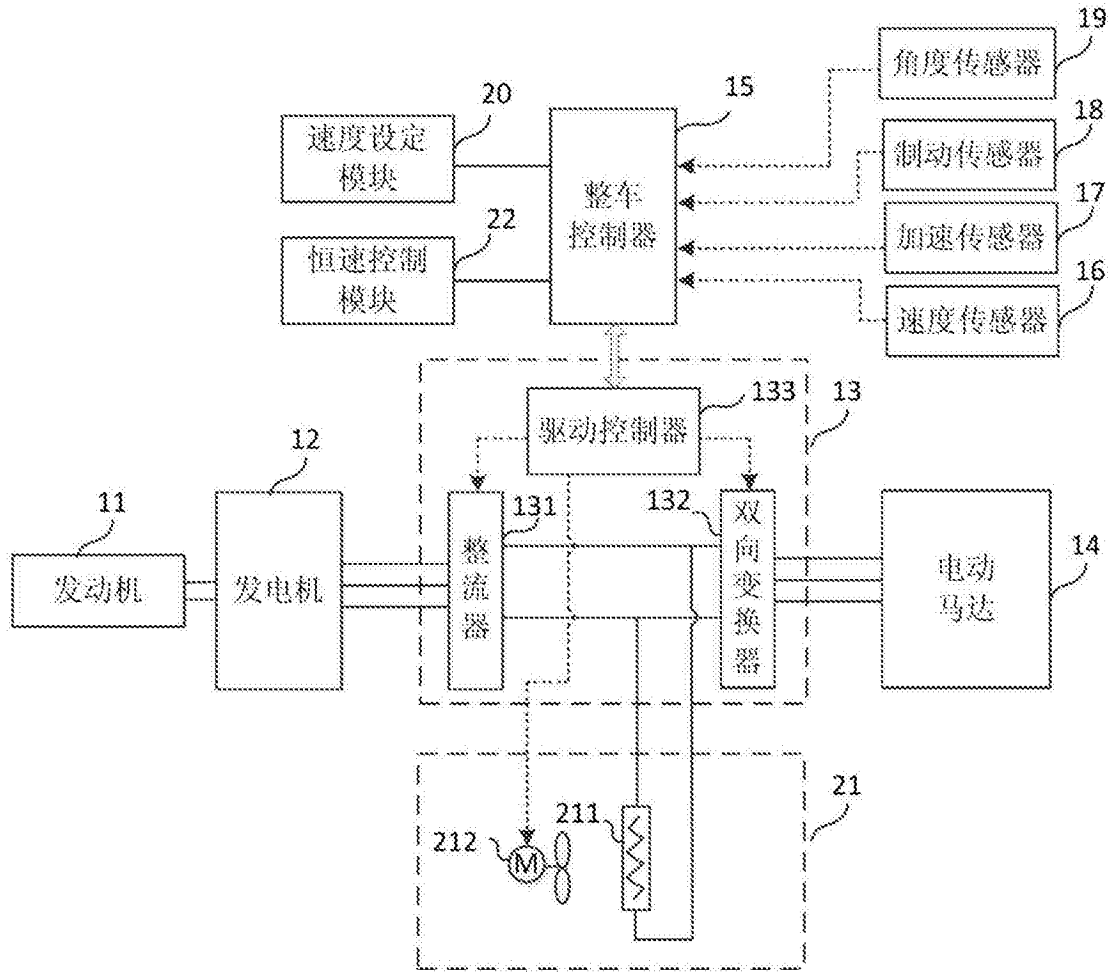


图2

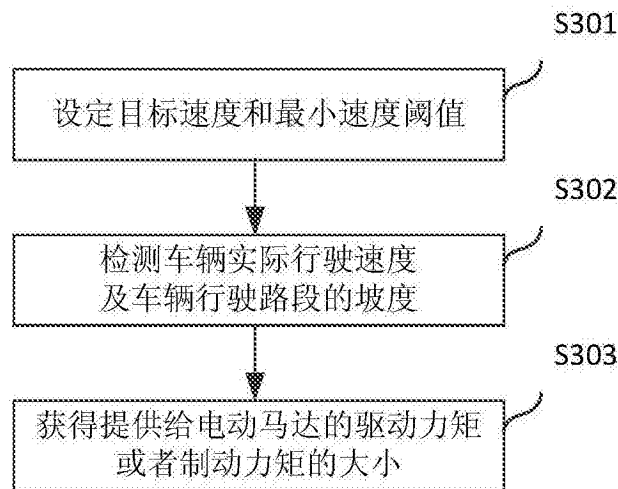


图3

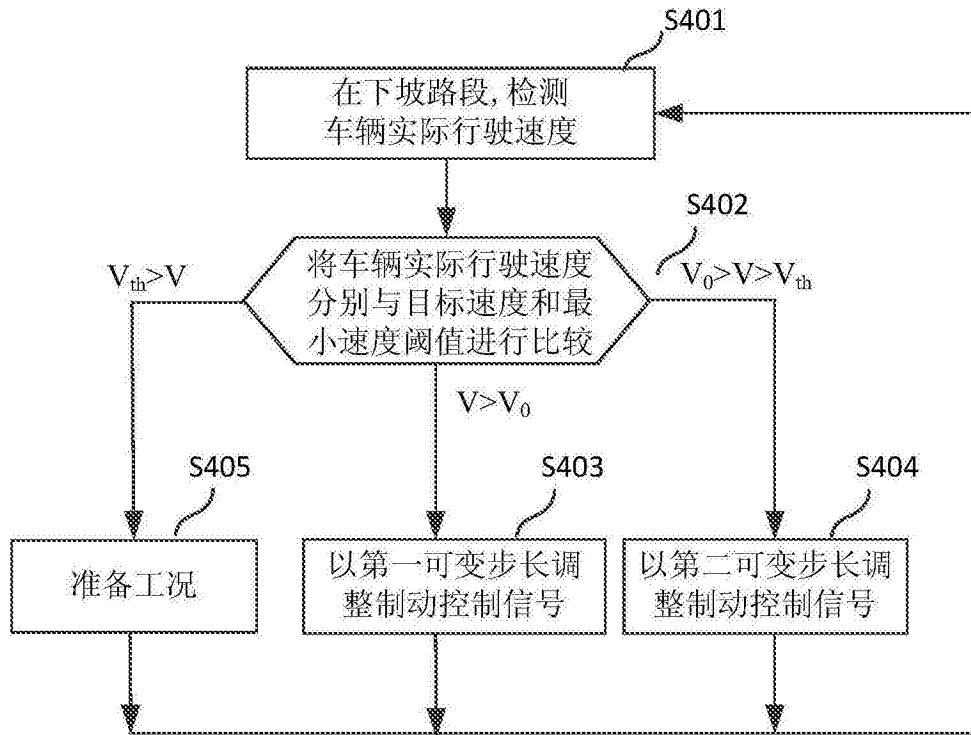


图4

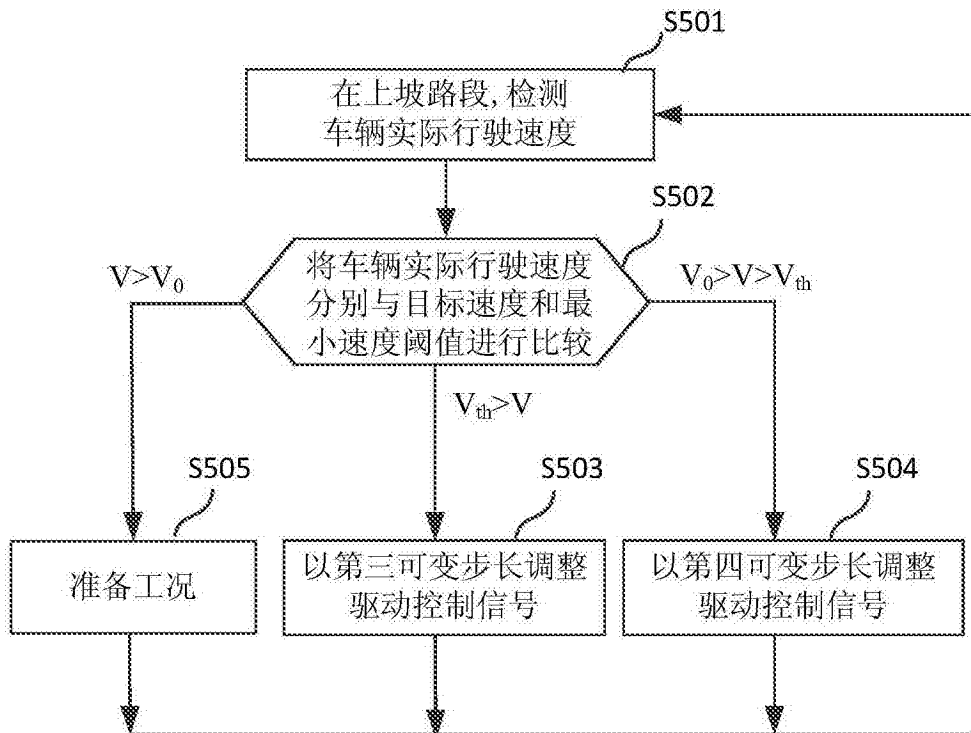


图5

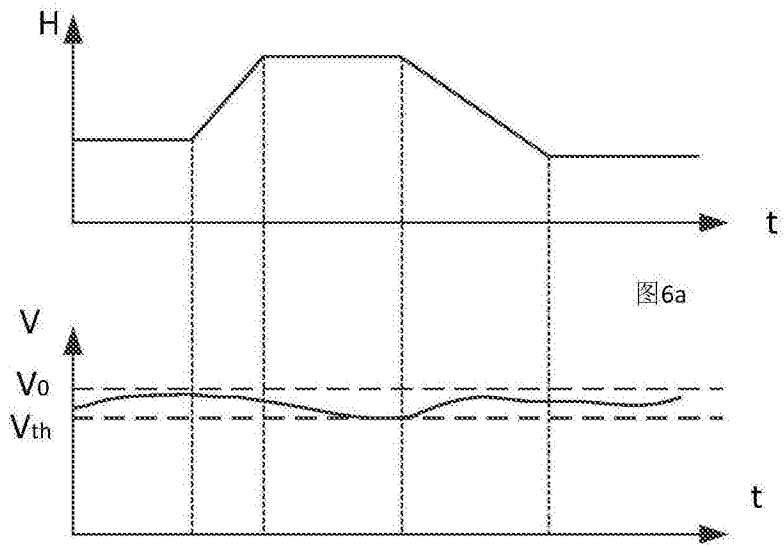


图6a

图6b