



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104340802 A

(43) 申请公布日 2015. 02. 11

(21) 申请号 201410554601. 7

(22) 申请日 2014. 10. 17

(71) 申请人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市玄武区孝陵卫
200 号

(72) 发明人 郭健 吴丽 袁路 吴益飞
易德亮 罗春 章伟 马妍平

(74) 专利代理机构 南京理工大学专利中心
32203

代理人 朱显国

(51) Int. Cl.

B66B 5/02 (2006. 01)

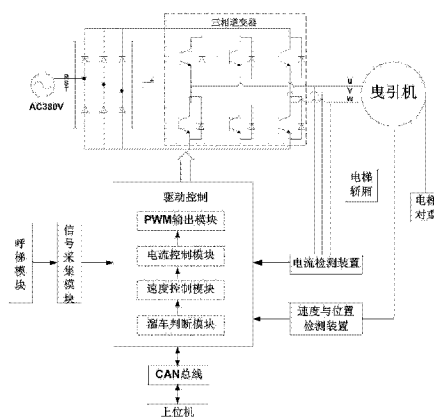
权利要求书3页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种电梯防溜车驱动控制系统及驱动控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种电梯防溜车驱动控制系统, 设置于控制电梯升降的电路中, 包括依次连接的溜车判断模块、速度控制模块、电流控制模块和 PWM 输出模块, 还包括与溜车判断模块连接的速度与位置检测装置, 与电流控制模块连接的电流检测装置, 以及信号监测装置。本发明提供的系统可以从曳引机的驱动控制方面对电梯轿厢的溜车现象进行控制。



1. 一种电梯防溜车驱动控制系统, 设置于控制电梯升降的电路中, 其特征在于, 包括溜车判断模块、速度控制模块、电流控制模块、PWM 输出模块、监测装置、电流检测装置和速度与位置检测装置;

速度与位置检测装置包括位置传感器和速度与位置计算模块, 位置传感器设置在电梯曳引机轴上, 其输出端和速度与位置计算模块输入端连接, 速度与位置计算模块输出端与溜车判断模块输入端连接;

电流检测装置包括电流传感器和电流计算模块, 电流传感器检测端与馈电于电梯电路的三相逆变器相连, 电流传感器的输出端与电流计算模块的输入端连接, 电流传感器的输出端与电流控制模块的输入端连接;

速度控制模块包括扰动转矩计算模块、溜车速度控制模块和正常速度控制模块; 其中溜车速度控制模块和正常速度控制模块的输入端均与溜车判断模块的输出端连接, 溜车速度控制模块和正常速度控制模块的输出端均与电流控制模块连接; 溜车速度控制模块的输入端还与扰动转矩计算模块的输出端连接, 扰动转矩计算模块的输入端与电流检测装置的输出端连接;

电流控制模块输出端与 PWM 输出模块输入端连接;

监测装置, 包括 CAN 总线和上位机, 位置传感器和电流检测装置采集的数据通过 CAN 总线传输给上位机。

2. 根据权利要求 1 所述的电梯防溜车驱动控制系统, 其特征在于,

位置传感器将采集的电梯轿厢的位置和速度参数经过速度与位置计算模块处理后传输给溜车判断模块;

溜车判断模块将判断后的信号传递给速度控制模块中的正常速度控制模块和溜车速度控制模块; 在正常速度模式时, 正常速度控制模块进行调节, 将调节结果传输给电流控制模块; 在溜车速度模式时, 溜车速度控制模块接收电流传感器采集的实际工作电流传输到扰动转矩计算模块处理所得的信号和溜车判断模块输出的信号, 并将二者进行调节得到的结果传输给电流控制模块;

电流控制模块接收速度控制模块调节后的结果和电流传感器采集的实际工作电流传输到电流计算模块处理所得的信号, 并将二者进行调节后得到的结果传输给 PWM 输出模块;

PWM 输出模块的输出信号作用于电梯的馈电网络驱动电梯曳引机运转。

3. 一种电梯防溜车驱动控制方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

步骤 1, 系统初始化, 包括:

设定曳引机的给定转速 ω^* , 励磁电流设定值 i_d^* , 给定位移值 d^* , 轿厢零速率运行的时间长度 t^* , 轿厢正常负载变化引起的位移值, 轿厢速度的允许值;

步骤 2, 电流检测装置采集当前驱动电梯工作电路中的三相逆变器的实际工作电流, 位置传感器采集当前电梯轿厢的位置和速度, 计算转矩电流值、励磁电流值和曳引机转速值和轿厢位置值;

步骤 3, 判断电梯轿厢是否处于溜车状态, 若是, 则进入溜车速度模式, 转步骤 4; 若否, 则执行正常速度模式, 转步骤 6;

步骤 4, 执行溜车速度模式, 并输出驱动曳引机运转的信号;

步骤 5, 重复步骤 2 和步骤 3 ;

步骤 6, 执行正常速度模式, 并输出驱动曳引机运转的信号 ;

步骤 7, 转步骤 2。

4. 根据权利要求 3 所述的电梯防溜车驱动控制方法, 其特征在于, 步骤 2 计算转矩电流值、励磁电流值和曳引机转速值和轿厢实际位移值 d_{t_n} 的具体过程为 :

步骤 2.1, 电流传感器采集得到的三项逆变器 t_n 时刻的实际电流 $i_a^{t_n}$ 、 $i_b^{t_n}$ 、 $i_c^{t_n}$ 经过 CLARK 变换得到 t_n 时刻静止坐标系下的两相电流 $i_{\alpha}^{t_n}$ 和 $i_{\beta}^{t_n}$, n 指循环次数 ;

步骤 2.2, 静止坐标系下的两相电流 $i_{\alpha}^{t_n}$ 、 $i_{\beta}^{t_n}$ 和曳引机转子角度 γ_{t_n} 进行 PARK 变换得到转矩电流 $i_q^{t_n}$ 和励磁电流 $i_d^{t_n}$;

步骤 2.3, 根据轿厢在 t_n 时刻的速度计算曳引机的转速 ω_{t_n} ;

步骤 2.4, 根据轿厢在 t_n 时刻的位置得到实际位移值 d_{t_n} 。

5. 根据权利要求 3 所述的电梯防溜车驱动控制方法, 其特征在于, 步骤 3 判断电梯轿厢是否处于溜车状态的具体方法为 : 位置传感器采集当前电梯轿厢的位置和速度信息, 当电梯轿厢的速度大于设定的允许值并且轿厢位移的变化超过设定正常负载变化引起的位移时, 就判定轿厢处于溜车状态 ; 当电梯轿厢的速度不大于设定的允许值并且轿厢位移的变化未超过设定正常负载变化引起的位移, 且零速率运行保持时间大于设定值 t^* 时, 轿厢正常工作。

6. 根据权利要求 3 所述的电梯防溜车驱动控制方法, 其特征在于, 步骤 4 执行溜车速度模式的具体过程为 :

步骤 4.1, 计算曳引机的给定转速 ω^* 和 t_n 时刻曳引机的实际反馈转速 ω_{t_n} 的闭环 PI 调节值 $u_1^{t_n}$;

步骤 4.2, 计算轿厢位置的给定位移值 d^* 与 t_n 时刻轿厢位置的实际位移值 d_{t_n} 的闭环 PI 调节值 $u_2^{t_n}$;

步骤 4.3, 计算溜车速度模式下输出的转矩电流设定值 $i_{qs}^{t_n*}$, 具体过程为 :

步骤 4.3.1, 将 $u_1^{t_n}$ 和 $u_2^{t_n}$ 作为输入量进行反馈神经网络控制, 输出得到曳引机转矩电流的设定值 $i_{qs}^{t_n*}$ 的一部分输入量 $i_{q1}^{t_n*}$;

步骤 4.3.2, 根据三项逆变器的实际工作电流计算得到 t_n 时刻的电磁转矩 $T_e^{t_n}$, 电磁转矩 $T_e^{t_n}$ 计算得到转子角速度 $\omega_r^{t_n}$ 的过程中出现扰动负载转矩 $T_L^{t_n}$, 利用扰动转矩观测器观测扰动负载转矩 $T_L^{t_n}$, 扰动负载转矩 $T_L^{t_n}$ 乘以电流补偿系数 β 后得到补偿电流 $i_{comp}^{t_n}$;

步骤 4.3.3, 溜车速度模式下输出的转矩电流设定值 $i_{qs}^{t_n*}$ 为 $i_{q1}^{t_n*}$ 与 $i_{comp}^{t_n}$ 之和 ;

步骤 4.4, 将转矩电流设定值 $i_{qs}^{t_n*}$ 与转矩电流 $i_q^{t_n}$ 进行闭环 PI 调节, 输出转矩电压 $u_q^{t_n}$;

步骤 4.5, 将励磁电流设定值 i_d^* 与励磁电流 $i_d^{t_n}$ 进行闭环 PI 调节, 输出励磁电压 $u_d^{t_n}$;

步骤 4.6, 将 $u_q^{t_n}$ 、 $u_d^{t_n}$ 和曳引机转子角度 γ_{t_n} 经 IPARK 变换得到静止坐标系下两相电压 $u_\alpha^{t_n}$ 和 $u_\beta^{t_n}$;

步骤 4.7, $u_\alpha^{t_n}$ 和 $u_\beta^{t_n}$ 进行 SVPWM 变换, 更新输出 PWM 占空比作用于三相逆变器进而驱动曳引机运转。

7. 根据权利要求 3 所述的电梯防溜车驱动控制方法, 其特征在于, 步骤 6 执行正常速度模式的具体方法为:

步骤 6.1, 曳引机的给定转速 ω^* 和 t_n 时刻实际反馈转速 ω_{t_n} 的进行闭环 PI 调节得到正常速度模式下的转矩电流设定值 $i_{qr}^{t_n*}$;

步骤 6.2, 将 $i_{qr}^{t_n*}$ 与转矩电流 $i_q^{t_n}$ 进行闭环 PI 调节, 输出转矩电压 $u_q^{t_n}$;

步骤 6.3, 将励磁电流设定值 i_d^* 与励磁电流 $i_d^{t_n}$ 进行闭环 PI 调节, 输出励磁电压 $u_d^{t_n}$;

步骤 6.4, 将 $u_q^{t_n}$ 、 $u_d^{t_n}$ 和曳引机转子角度 γ_{t_n} 经 IPARK 变换得到静止坐标系下两相电压 $u_\alpha^{t_n}$ 和 $u_\beta^{t_n}$;

步骤 6.5, $u_\alpha^{t_n}$ 和 $u_\beta^{t_n}$ 进行 SVPWM 变换, 更新输出 PWM 占空比作用于三相逆变器进而驱动曳引机运转。

一种电梯防溜车驱动控制系统及驱动控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电梯控制技术领域,具体涉及一种电梯防溜车驱动控制系统及驱动控制方法。

背景技术

[0002] 随着社会经济的迅猛发展,城市化建设步伐的加快,许多高楼大厦如雨后春笋般涌现,使得人们在日常生活中对电梯的依赖程度与日俱增,电梯已经成为人们生活中必不可少的工具。

[0003] 对于曳引式电梯,对重装置与轿厢通过曳引绳的连接分别悬挂在曳引轮的两边,对重的作用是平衡一部分轿厢和负载的重量。正常情况下,电梯通过电动机带动曳引轮并依靠曳引轮槽与钢丝绳的摩擦力驱动电梯轿厢上下运行,电梯停止后靠机械制动器使曳引轮制停,靠曳引轮槽与钢丝绳的静摩擦使电梯轿厢和对重保持静止。一旦电梯的机械制动器受到卡阻等意外事件而失效,曳引轮将由于对重侧和轿厢侧的重量不同而被动转动,电梯轿厢也将发生失控位移(俗称溜车),严重时会引起人身伤害和设备损坏的重大事故。

[0004] 目前一般有两种方法来防止电梯轿厢的溜车。一种是安装保护装置,一旦轿厢发生溜车现象,保护装置立即作用迫使轿厢停止。这种方法一定程度上起到了作用,但需要在电梯装置基础上额外增加装置,并且保护装置还需定期检测维修,增大了成本浪费了时间。第二种是采用补偿力矩的方法,在出现溜车情况之前先计算出防止其倒溜的力矩,一旦出现溜车情况就进行力矩补偿。这种方法由于乘客的变化引起的负载的变化是不定的,使其补偿的力矩未必完全匹配存在一定偏差,因而也不完全可靠。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是,针对现有电梯防溜车技术的缺陷,从曳引机的驱动控制方面提供一种电梯防溜车驱动控制系统及驱动控制方法。

[0006] 一种电梯防溜车驱动控制系统,设置于控制电梯升降的电路中,包括溜车判断模块、速度控制模块、电流控制模块、PWM 输出模块、监测装置、电流检测装置和速度与位置检测装置。速度与位置检测装置包括位置传感器和速度与位置计算模块,位置传感器设置在电梯曳引机轴上,其输出端和速度与位置计算模块输入端连接,速度与位置计算模块输出端与溜车判断模块输入端连接。电流检测装置包括电流传感器和电流计算模块,电流传感器检测端与馈电于电梯电路的三项逆变器相连,电流传感器的输出端与电流计算模块的输入端连接,电流传感器的输出端与电流控制模块的输入端连接。速度控制模块包括扰动转矩计算模块、溜车速度控制模块和正常速度控制模块;其中溜车速度控制模块和正常速度控制模块的输入端均与溜车判断模块的输出端连接,溜车速度控制模块和正常速度控制模块的输出端均与电流控制模块连接;溜车速度控制模块的输入端还与扰动转矩计算模块的输出端连接,扰动转矩计算模块的输入端与电流检测装置的输出端连接。电流控制模块输出端与 PWM 输出模块输入端连接。监测装置,包括 CAN 总线和上位机,位置传感器和电流检

测装置采集的数据通过 CAN 总线传输给上位机。

[0007] 一种电梯防溜车驱动控制方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤 1,系统初始化,包括:

[0009] 设定曳引机的给定转速 ω^* 和给定位移值 d^* ,励磁电流设定值 $i_d^* = 0$,轿厢退出溜车状态前零速率运行的时间长度 t^* ,轿厢正常负载变化引起的位移值,轿厢速度的允许值;

[0010] 步骤 2,电流检测装置采集当前驱动电梯工作电路中的三相逆变器的实际工作电流,位置传感器采集当前电梯轿厢的位置和速度,计算转矩电流值、励磁电流值和曳引机转速值和轿厢位置值;

[0011] 步骤 3,判断电梯轿厢是否处于溜车状态,若是,则进入溜车速度模式,转步骤 4;若否,则执行正常速度模式,转步骤 6;

[0012] 步骤 4,执行溜车速度模式,并输出驱动曳引机运转的信号;

[0013] 步骤 5,重复步骤 2 和步骤 3;

[0014] 步骤 6,执行正常速度模式,并输出驱动曳引机运转的信号;

[0015] 步骤 7,转步骤 2。

[0016] 本发明与现有技术相比,具有显著优点:(1) 本发明从曳引机驱动控制的角度提供了一种电梯防溜车驱动控制系统,无需安装额外的物力保护装置;(2) 本发明提出利用观测器观测的扰动负载转矩作为输入,根据曳引机实际转速和轿厢溜车位置偏差进行耦合控制并加上扰动转矩的补偿控制量以确定转矩电流的设定值,能够快速有效的调节力矩至平衡,防止了轿厢溜车,保护了乘客和电梯的安全。

附图说明

[0017] 图 1 是本发明提出的电梯防溜车驱动控制系统原理图;

[0018] 图 2 是本发明提出的电梯防溜车驱动控制系统结构图

[0019] 图 3 是本发明提出的溜车速度模式下的神经网络控制结构图;

[0020] 图 4 是本发明提出的溜车速度模式下的扰动负载转矩前馈补偿控制的扰动负载转矩观测器;

[0021] 图 5 是本发明提出的电梯防溜车驱动控制系统的速度控制模块在溜车速度模式下的控制结构图;

[0022] 图 6 是本发明提出的电梯防溜车驱动控制系统的速度控制模块在正常速度模式下的控制结构图;

[0023] 图 7 是本发明提出的电梯防溜车驱动控制方法的流程图。

具体实施方式

[0024] 下面结合说明书附图,具体描述本发明所提供的一种电梯防溜车驱动控制系统及驱动控制方法。

[0025] 结合图 1,一种电梯防溜车驱动控制系统,设置于控制电梯升降的电路中,包括溜车判断模块、速度控制模块、电流控制模块、PWM 输出模块、监测装置、电流检测装置和速度与位置检测装置。

[0026] 结合图 2,速度与位置检测装置包括位置传感器和速度与位置计算模块,位置传感

器设置在电梯曳引机轴上,其输出端和速度与位置计算模块输入端连接,速度与位置计算模块输出端与溜车判断模块输入端连接;电流检测装置包括电流传感器和电流计算模块,电流传感器检测端与馈电于电梯点路的三项逆变器相连,电流传感器的输出端与电流计算模块的输入端连接,电流传感器的输出端与电流控制模块的输入端连接;速度控制模块包括扰动转矩计算模块、溜车速度控制模块和正常速度控制模块,其中溜车速度控制模块和正常速度控制模块的输入端均与溜车判断模块的输出端连接,溜车速度控制模块和正常速度控制模块的输出端均与电流控制模块连接,溜车速度控制模块的输入端还与扰动转矩计算模块的输出端连接,扰动转矩计算模块的输入端与电流检测装置的输出端连接;电流控制模块输出端与 PWM 输出模块输入端连接;监测装置,包括 CAN 总线和上位机,位置传感器和电流检测装置采集的数据通过 CAN 总线传输给上位机。上位机实时监测轿厢的实际位置及速度信息。

[0027] 本发明涉及的驱动控制器使用型号为 TMS320F28335 的高性能数字信号处理器。本发明涉及的曳引机使用永磁同步无齿轮电机;本发明涉及的传感器有编码器和霍尔元件。

[0028] 该系统的信号走向为:

[0029] 当人按了呼梯模块后产生触发信号给信号采集模块,电梯开始工作运行,此时位置传感器将采集的电梯轿厢的位置和速度参数经过速度与位置计算模块处理后传输给溜车判断模块;

[0030] 溜车判断模块将判断后的信号传递给速度控制模块中的正查过速度控制模块和溜车素的控制模块;在正常速度模式时,正常速度控制模块进行调节,将调节结果传输给电流控制模块;在溜车速度模式时,溜车速度控制模块接收电流传感器采集的实际工作电流传输到扰动转矩计算模块处理所得的信号和溜车判断模块输出的信号,并将二者进行调节得到的结果传输给电流控制模块;

[0031] 电流控制模块接收速度控制模块调节后的结果和电流传感器采集的实际工作电流传输到电流计算模块处理所得的信号,并将二者进行调节后得到的结果传输给 PWM 输出模块;

[0032] PWM 输出模块的输出信号作用于电梯的馈电网络驱动电梯曳引机运转。

[0033] 一种电梯防溜车驱动控制方法,包括以下步骤:

[0034] 步骤 1,系统初始化,包括:

[0035] 设定曳引机的给定转速 ω^* ,励磁电流设定值 i_d^* ,给定位移值 d^* ,轿厢退出溜车状态前零速率运行的时间长度 t^* ,轿厢正常负载变化引起的位移值 d_a ,轿厢速度的允许值 v_a ;其中, ω^* 是根据电梯需要的运行速度给定的,可以为 0 ~ 150 转 / 分钟, $i_d^* = 0$, $t^* =$ 取 3 秒左右, d_a 位移是通过编码器每个控制周期的脉冲数得到的,这里取每个周期 2 ~ 10 个脉冲数, $v_a =$ 普通载客电梯速度一般在 1.5 米 / 秒左右。

[0036] 步骤 2,电流检测装置采集当前驱动电梯工作电路中的三相逆变器的实际工作电流,位置传感器采集当前电梯轿厢的位置和速度,计算转矩电流值、励磁电流值和曳引机转速值和轿厢实际位移值,具体过程为:

[0037] 步骤 2.1,电流传感器采集得到的三项逆变器 t_n 时刻的实际电流 $i_a^{t_n}$ 、 $i_b^{t_n}$ 、 $i_c^{t_n}$ 经过

CLARK 变换得到 t_n 时刻静止坐标系下的两相电流 $i_{\alpha}^{t_n}$ 和 $i_{\beta}^{t_n}$, n 指循环步骤 3 次数的索引值;

[0038] 步骤 2.2, 静止坐标系下的两相电流 $i_{\alpha}^{t_n}$ 、 $i_{\beta}^{t_n}$ 和曳引机转子角度 γ_{t_n} 进行 PARK 变换得到转矩电流 $i_q^{t_n}$ 和励磁电流 $i_d^{t_n}$ 。

[0039] 步骤 2.3, 根据轿厢在 t_n 时刻的速度计算曳引机的转速 ω_{t_n} ; ω_{t_n} 是根据编码器在控制程序的每个运行周期的脉冲数换算得到的。

[0040] 步骤 2.4, 根据轿厢在 t_n 时刻的位置得到实际位移值 d_{t_n} ; d_{t_n} 是根据曳引机转子转到的位置换算得到的。

[0041] 步骤 3, 判断电梯轿厢是否处于溜车状态, 若是, 则进入溜车速度模式, 转步骤 4; 若否, 则执行正常速度模式, 转步骤 6; 判断电梯轿厢是否处于溜车状态的具体方法为: 位置传感器采集当前电梯轿厢的位置和速度信息, 当电梯轿厢的速度大于设定的允许值 v_a 并且轿厢位移的变化超过设定正常负载变化引起的位移 d_a 时, 就判定轿厢处于溜车状态; 当电梯轿厢的速度不大于设定的允许值并且轿厢位移的变化未超过设定正常负载变化引起的位移, 且零速率运行保持时间大于设定值 t^* 时, 轿厢正常工作。

[0042] 步骤 4, 执行溜车速度模式, 结合图 5, 具体过程为:

[0043] 步骤 4.1, 计算曳引机的给定转速 ω^* 和 t_n 时刻曳引机的实际反馈转速 ω_{t_n} 的闭环 PI 调节值 $u_1^{t_n}$;

[0044] 步骤 4.2, 计算轿厢位置的给定位移值 d^* 与 t_n 时刻轿厢位置的实际位移值 d_{t_n} 的闭环 PI 调节值 $u_2^{t_n}$;

[0045] 步骤 4.3, 计算溜车速度模式下输出的转矩电流设定值 $i_{qs}^{t_n*}$, 具体过程为:

[0046] 步骤 4.3.1, 将 $u_1^{t_n}$ 和 $u_2^{t_n}$ 作为输入量进行反馈神经网络控制, 输出得到曳引机转矩电流的设定值 $i_{qs}^{t_n*}$ 的一部分输入量 $i_{q1}^{t_n*}$;

[0047] 步骤 4.3.2, 根据三项逆变器的实际工作电流计算得到 t_n 时刻的电磁转矩 $T_e^{t_n}$, 电磁转矩 $T_e^{t_n}$ 计算得到转子角速度 $\omega_r^{t_n}$ 的过程中出现扰动负载转矩 $T_L^{t_n}$, 利用扰动转矩观测器观测扰动负载转矩 $T_L^{t_n}$, 扰动负载转矩 $T_L^{t_n}$ 乘以电流补偿系数 β 后得到补偿电流 $i_{comp}^{t_n}$;

[0048] 步骤 4.3.3, 溜车速度模式下输出的转矩电流设定值 $i_{qs}^{t_n*}$ 为 $i_{q1}^{t_n*}$ 与 $i_{comp}^{t_n}$ 之和;

[0049] 步骤 4.4, 将转矩电流设定值 $i_{qs}^{t_n*}$ 与转矩电流 $i_q^{t_n}$ 进行闭环 PI 调节, 输出转矩电压 $u_q^{t_n}$;

[0050] 步骤 4.5, 将励磁电流设定值 $i_d^{t_n*}$ 与励磁电流 $i_d^{t_n}$ 进行闭环 PI 调节, 输出励磁电压 $u_d^{t_n}$;

[0051] 步骤 4.6, 将 $u_q^{t_n}$ 、 $u_d^{t_n}$ 和曳引机转子角度 γ_{t_n} 经 IPARK 变换得到静止坐标系下两相电

压 $u_{\alpha}^{t_n}$ 和 $u_{\beta}^{t_n}$;

[0052] 步骤 4.7, $u_{\alpha}^{t_n}$ 和 $u_{\beta}^{t_n}$ 进行 SVPWM 变换, 更新输出 PWM 占空比作用于三相逆变器, 更新曳引机的驱动电流进而更新曳引机的转速。

[0053] 步骤 5, 重复步骤 2 和步骤 3, 电流检测装置采集此刻驱动电梯工作电路中的三相逆变器的实际工作电流, 位置传感器采集当前电梯轿厢的位置和速度, 计算转矩电流值、励磁电流值和曳引机转速值和轿厢位置值。当电梯轿厢的速度大于设定的允许值 v_a 并且轿厢位移的变化超过设定正常负载变化引起的位移 d_a 时, 就判定轿厢处于溜车状态; 则转到步骤 4; 否则, 轿厢正常工作, 转到步骤 6。

[0054] 步骤 6, 执行正常速度模式, 结合图 6, 具体方法为:

[0055] 步骤 6.1, 曳引机的给定转速 ω^* 和 t_n 时刻实际反馈转速 ω_{t_n} 的进行闭环 PI 调节得到正常速度模式下的转矩电流设定值 $i_{qr}^{t_n*}$;

[0056] 步骤 6.2, 将 $i_{qr}^{t_n*}$ 与转矩电流 $i_q^{t_n}$ 进行闭环 PI 调节, 输出转矩电压 $u_q^{t_n}$;

[0057] 步骤 6.3, 将励磁电流设定值 i_d^* 与励磁电流 $i_d^{t_n}$ 进行闭环 PI 调节, 输出励磁电压 $u_d^{t_n}$;

[0058] 步骤 6.4, 将 $u_q^{t_n}$ 、 $u_d^{t_n}$ 和曳引机转子角度 γ_{t_n} 经 IPARK 变换得到静止坐标系下两相电压 $u_{\alpha}^{t_n}$ 和 $u_{\beta}^{t_n}$;

[0059] 步骤 6.5, $u_{\alpha}^{t_n}$ 和 $u_{\beta}^{t_n}$ 进行 SVPWM 变换, 更新输出 PWM 波占空比。

[0060] 步骤 7, PWM 作用于三相逆变器从而驱动曳引机运转, 转步骤 2, 具体过程为: PWM 波更新的占空比作用于三相逆变器进而驱动曳引机运转, 跳转步骤 2, 系统继续监控电梯的运行状态。

[0061] 步骤 4.3 中所述的反馈神经网络对非线性多输入输出动态系统具有良好的建模能力。反馈神经网络可以看作一个具有局部记忆单元和局部反馈连接的前向 BP 神经网络的改进形式。反馈神经网络加入关联层作为动态记忆环节, 其输入层节点到隐含层节点、隐含层节点到输出层节点、关联层节点到隐含层节点之间都具有可以调整的权值。本发明的溜车速度模式中两个控制量——曳引机的速度和轿厢溜车位置偏差, 具有很强的耦合性, 应用反馈神经网络的控制方法能够反映出系统输出随时间变化的动态过程, 从而可以更及时准确地对轿厢溜车进行调节, 使其快速恢复正常。结合图 3, 曳引机速度和轿厢位置分别进行 PI 调节后的输出量为 $u_1^{t_n}$ 和 $u_2^{t_n}$, $u_1^{t_n}$ 和 $u_2^{t_n}$ 即为反馈神经网络的两个输入量, $u_1^{t_n}$ 和 $u_2^{t_n}$ 可以用矢量 u 表示, 故 u 即为反馈神经网络的输入。表达式 $f(z, u)$ 代表关联层函数, 其中 z 为状态矢量。表达式 $g(\hat{z})$ 代表隐含层函数, 输出为溜车速度模式下输出的曳引机转矩电流设定值 $i_{qs}^{t_n*}$ 的一部分 $i_{q1}^{t_n*}$ 。关于反馈神经网络的内容参见“潘长波、李红星的《反馈神经网络用于多输入输出动态系统建模》, 发表于《计算机应用》, 2009 年 6 月, 第 29 卷”。

[0062] 本发明涉及的电梯是用于运输的垂直升降设备, 在电梯出现溜车状况时, 由于各种干扰使其负载转矩是不断变化的, 因此, 此时电梯曳引机控制系统的扰动转矩是未知的。

在负载转矩未知或受到干扰的情况下,传统PID不能迅速调节控制输入,而是通过转速的误差反馈来进行调节,这样导致控制效果不佳。然而在系统控制过程中,仅用输出反馈通常不能达到预期的控制目标,因此还要借助状态反馈。通过状态变量的反馈信息,可以更好的对控制系统进行校正,抑制外界扰动的影响。然而,有些状态变量的值无法通过传感器进行测量,因此可以通过状态观测器对状态变量的值进行估计。为了在轿厢出现溜车时提高曳引机拖动的系统性能使其快速恢复正常,在步骤4.3.2中采用基于扰动转矩观测的方法,通过扰动转矩前馈补偿,可以抑制扰动对系统的影响。

[0063] 在电梯曳引机速度控制模块中,扰动负载转矩难以通过传感器进行直接测量。因此,通过扰动负载转矩观测器将转矩信息反馈给控制器,从而实现对转矩扰动的抑制。本发明中,考虑到曳引机转速与负载转矩存在必然联系,在实现负载转矩观测的同时也对转速进行了观测。根据三项逆变器的实际工作电流计算得到 t_n 时刻的电磁转矩 $T_e^{t_n}$, 电磁转矩 $T_e^{t_n}$ 计算得到转子角速度 $\omega_r^{t_n}$ 的过程中出现扰动负载转矩 $T_L^{t_n}$, 利用扰动转矩观测器观测扰动负载转矩 $T_L^{t_n}$, 扰动负载转矩 $T_L^{t_n}$ 乘以电流补偿系数 β 后得到补偿电流 $i_{comp}^{t_n}$;

[0064] 由于同时观测了扰动负载转矩和曳引机转速,因此将曳引机转速 ω_{t_n} 和 T_L 作为状态变量,即 $\hat{x}(k) = [\hat{\omega}_{t_n}(k) \quad \hat{T}_L^{t_n}(k)]^T$ 。输入量和输出量分别为电磁转矩 $T_e^{t_n}$ 和曳引机转速 ω_{t_n} , 即 $u(k) = T_e^{t_n}(k)$ 、 $y(k) = \omega_{t_n}(k)$ 。从而可得状态观测器的表达式为

$$[0065] \quad \begin{bmatrix} \hat{\omega}_{t_n}(k+1) \\ \hat{T}_L^{t_n}(k+1) \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} \hat{\omega}_{t_n}(k) \\ \hat{T}_L^{t_n}(k) \end{bmatrix} + B T_e^{t_n}(k) - H \left(\omega_{t_n}(k) - C \begin{bmatrix} \hat{\omega}_{t_n}(k) \\ \hat{T}_L^{t_n}(k) \end{bmatrix} \right)$$

$$[0066] \quad \text{式中, 状态矩阵 } A = \begin{bmatrix} 1 - \frac{kT_s}{J} & -\frac{T_s}{J} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \text{ 输入矩阵 } B = \begin{bmatrix} \frac{T_s}{J} \\ 0 \end{bmatrix}, \text{ 输出矩阵 } C = [1 \quad 0], \text{ 状态}$$

反馈增益矩阵 $H = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{bmatrix}$ 。其中, J 为曳引机系统的转动惯量, k 为摩擦阻尼系数, T_s 为采样间隔, 对于离散状态观测器, 它的采样频率与速度环频率一致。状态反馈增益矩阵系数 h_1 和 h_2 由状态误差的特征方程配置得到。状态观测器的内容参见“郑大钟编写的《线性系统理论》(1990)一书”。

[0067] 将观测得到的扰动负载转矩 T_L 乘以电流补偿系数 β 后得到补偿电流 i_{comp} , 作为补偿量加入到电流控制器的输入端, 实现扰动转矩的提前补偿控制。选择合适的补偿系数 β , 就可以补偿扰动负载转矩, 达到减小瞬时转速静差, 缩短扰动后的恢复时间的目的。当补偿系数选择恰到好处时, 就会使静差消失, 这时称为全补偿, 全补偿的临界补偿系数为 β_0 。当

$\beta < \beta_0$, 称为欠补偿; 当 $\beta > \beta_0$, 称为过补偿。临界补偿系数 $\beta_0 = \frac{T_s s + 1}{3p^2 \psi_f / 2}$, β 取值尽量等于 β_0 , 越接近越好, 其中, p 为曳引机极对数, ψ_f 为永磁体磁链。

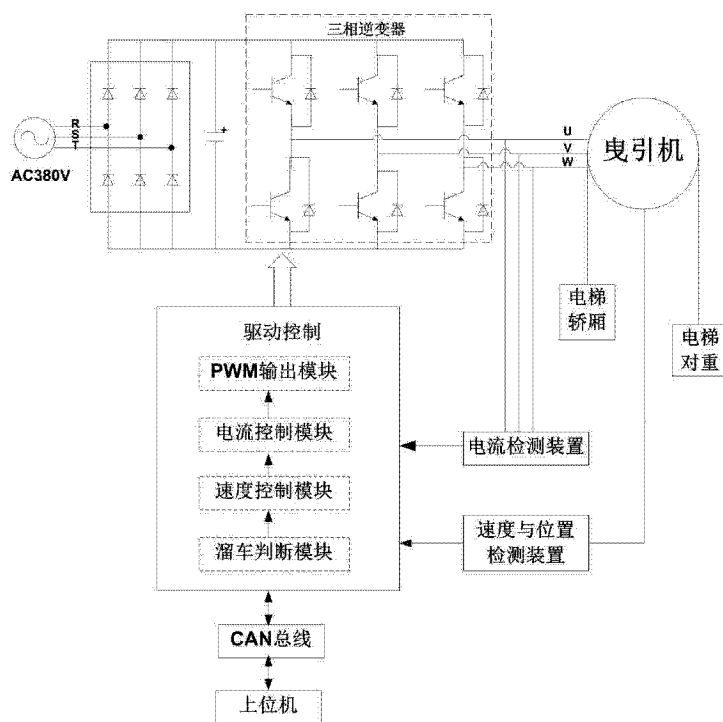


图 1

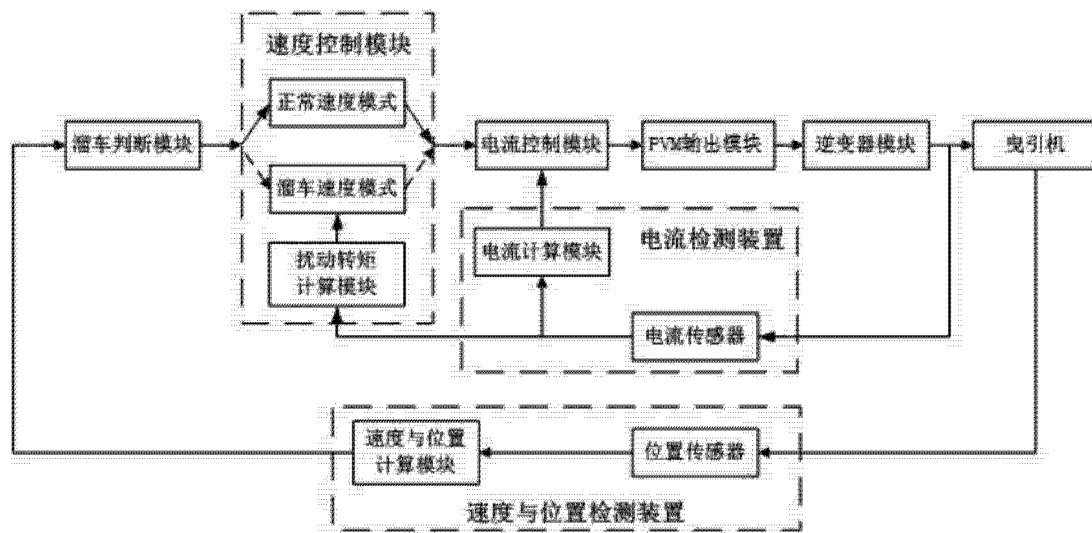


图 2

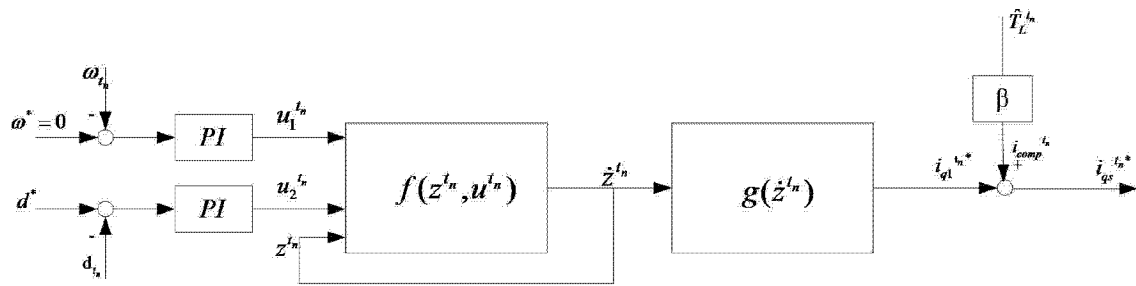


图 3

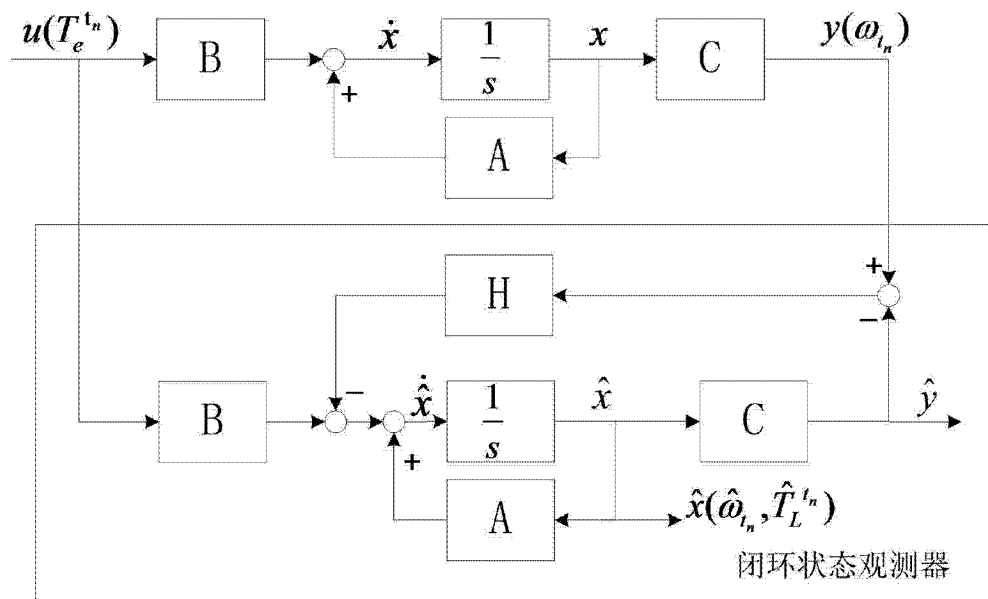


图 4

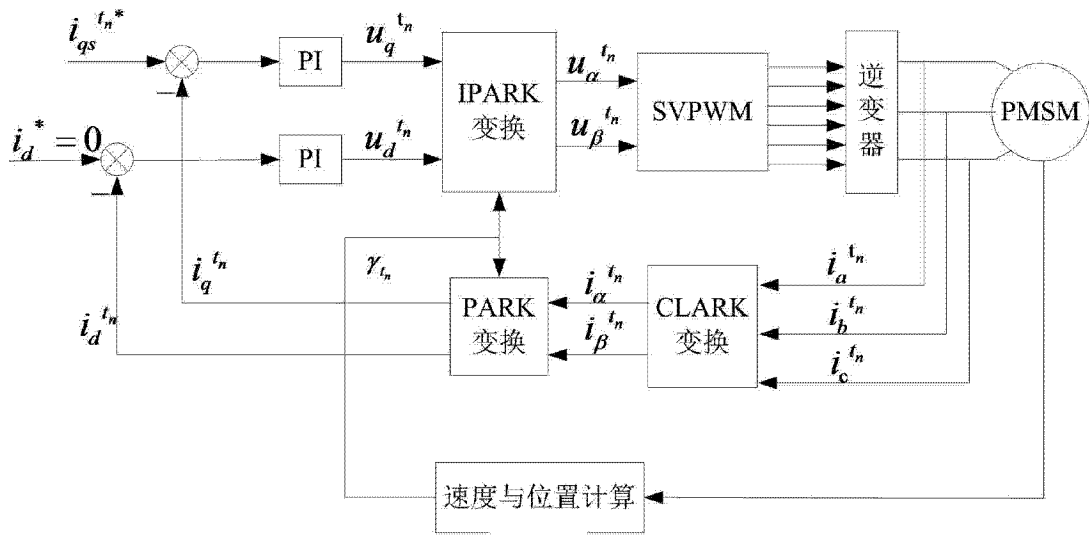


图 5

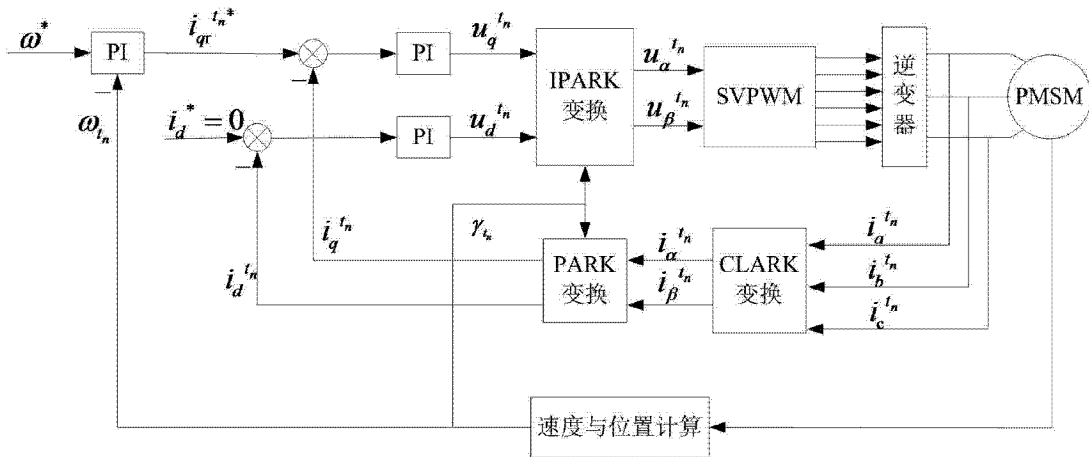


图 6

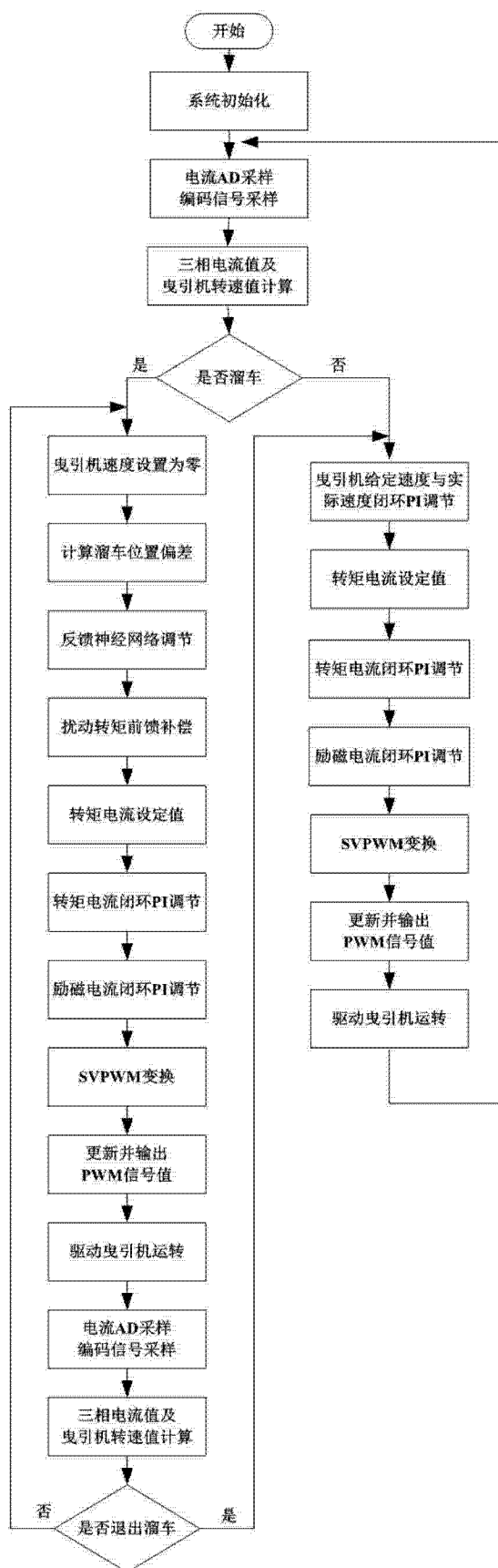


图 7