

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.06.023

基于LPC1752的免调试电梯门机控制系统

徐晓东,段攀登,蒋益兴*

(常州大学 机械工程学院, 江苏 常州 213016)

摘要: 针对目前电梯门机调试复杂、维护成本高、安全隐患多等问题,通过使用带有电机控制脉宽调制(PWM)模块和正交编码器接口的Cortex-M3 处理器LPC1752、三菱智能功率模块(IPM)、高精度旋转编码器和普通三相异步调频电机,搭建了电梯门机控制系统硬件平台;基于通过大量实验构建的专家数据库,设计了软件控制系统。该系统实时获取电机的位置、速度、电流等运行参数,并将之与专家数据库中对应参数进行了比对,为增量式PID调节提供依据,实现了门机门宽自学习与运行过程状态改变自适应。研究表明,该系统无需预先进行参数设置即可直接加电,实现电梯门机的快速、平稳运行。

关键词: 电梯门机; LPC1752; 免调试; 自学习; 自适应

中图分类号: TH39; TP273 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2014)06-0783-04

Design of an LPC1752-based adjustment-free elevator door motor control system

XV Xiao-dong, DUAN Pan-deng, JIANG Yi-xing

(School of Mechanical Engineering, Changzhou University, Changzhou 213016, China)

Abstract: Aiming at the complicated adjustment, high maintenance cost and safety problems of elevator door motor, an adjustment-free elevator door motor control system was designed, which consists of a hardware platform using a Cortex-M3 processor LPC1752 with a motor-controlled pulse width modulation(PWM) module and a quadrature encoder interface(QEI), a Mitsubishi intelligent power module (IPM) module, a high accuracy rotary encoder and a general three-phase asynchronous electric motor with frequency modulation and a software control system based on an expert database built out of a variety of experiments. An accurate comparison was automatically made between the parameter values of position, speed and current and the expert database to help the incremental PID tuning, thus self-learning of door width and self-adjustment of running status can be realized. The results indicate that the system can be powered to bring the elevator door into quick operation and smooth running without presetting corresponding parameter values.

Key words: elevator door motor; LPC1752; adjustment-free; self-learning; self-adjustment

0 引言

伴随着城市的发展,高层建筑的增多,电梯的使用量也急剧增加。门机作为电梯的关键部分,被越来越重视。然而门机种类繁多,运行参数设置麻烦^[1],而且使用后,由于磨损还需调整,这样对调试员的能力和 workload 要求都相当高。如果设置不匹配,可能会使

门机运行于不正常状态,降低门机使用寿命,容易出现故障,危及生命安全^[2-3]。从市场来看,急需一套安装简单且具备自学习、自适应能力的门机系统。为了解决这问题,国外一些知名企业都在研究智能化的门机控制器,如美国奥的斯的门机已经具备了一定的自适应能力。国内也有企业和专家在尝试着采用有较高运算能力的DSP芯片^[4-5],利用霍尔编码器,采用模糊PI等控制方法^[6],来提高门机的自适应能力,但基本

收稿日期: 2013-12-02

作者简介: 徐晓东(1982-),男,江苏苏州人,主要从事机电一体化方面的研究。E-mail: xxd@em.jpu.edu.cn

通信联系人: 蒋益兴,男,博士,教授,硕士生导师。E-mail: 02406209@163.com

还处于研究阶段。

本研究针对传统门机驱动器一般采用接近开关来控制门机的加减速位置,在运行前需要调整接近开关的位置,同时要在控制器里,根据门机的质量、开/关门的速度、运行曲线的形态、门刀的结构等设置大量参数,使得调试周期长、要求高。

本研究采用实时性更强的Cortex-M3处理器,通过高精度旋转编码器输出的脉冲信号数,测量出门的位置,放弃接近开关,免去调整开关的麻烦,实现无触点控制,同时利用旋转编码器构成位置闭环控制。系统在开/关门过程中利用编码器,实时检测门机速度,同时采集电机的电流和电压值,判断电机的载荷,把信息反馈给主处理器,通过PID来快速地调整电机的运行速度^[7],保证门机按照设定的速度平稳运行,从而实现门机宽度智能自学习、运行过程状态改变自适应的一个免调试门机控制系统。

1 硬件系统的组成

门机控制系统的硬件结构如图1所示。本研究采用了行业领先的32位Cortex-M3处理器LPC1752,该芯片适用在具有较高确定性的实时应用中。LPC1752具有64 KB的Flash,可以替代EEPROM用于存放自学习和运行过程中得到的数据。芯片带有电机控制专用PWM模块,特别适合控制三相交流电机。自带的正交编码器接口模块,使位置和速度的计算由硬件自动来完成,程序可以直接读取寄存器里的位置和速度值。电路板上设计有电流检测模块,利用处理器的12位主次逼近式模/数转换器,高速采集当前的电流值,并提供给处理器。输入/输出模块负责和电梯主控柜之间的开/关门信号传输和参数的调节。显示模块显示当前的状态和设置的参数。通讯模块主要用于程序的升级、调试和运行数据的输出。

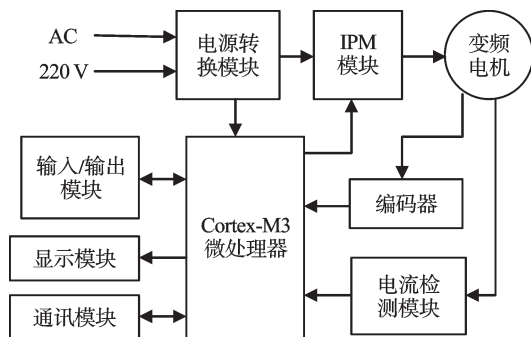


图1 门机控制系统硬件结构图

电机驱动电路示意图如图2所示,主要包括了处理器、IPM和电机接口。处理器输出的6路正弦脉宽

调制(SPWM)信号,经过三态反相驱动器SN74LV240提高驱动能力后,输出到IPM模块,该款智能功率模块采用第5代IGBT工艺,内置优化后的栅极驱动和保护电路,可以直接驱动三相电机,最大功率可以达到1.5 kW,以保证更好地适应不同功率的电机和不同款式的门机。

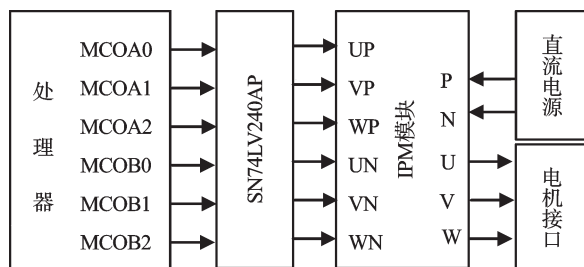


图2 电机驱动电路示意图

电机输出轴配有高精度的编码器AS5040,该编码器由电路板提供3.3 V电源,输出的正交A/B信号通过两根导线直接与处理器的正交编码器接口相连,是一款无接触式磁旋转编码器,每圈可输出1 024个脉冲,可以精确地测量出门机所在位置。系统通过计算可以快速、准确地测量出门机运行的速度,为PID调节提供依据。

2 软件系统的组成

传统的电梯门机依靠在每个速度转折点安装磁开关,来告知主控制器需要改变速度。磁开关的安装位置依靠工人的经验安装,所以开/关门的曲线也依赖于工人。这样使产品的统一性比较差,同时对安装工人的要求比较高。免调试门机控制系统与普通的门机控制系统相比主要要解决两个问题,一个是门宽自学习,一个是运行过程状态改变自适应。

2.1 门宽自学习

门宽自学习功能主要指依靠高精度的编码器,采用智能化的检测手段来自动识别门板宽度和门刀宽度。整个流程如图3所示。

控制器上电后首先系统初始化,它包括了硬件初始化和软件初始化。如果初始化检测有问题,就会显示错误代码并停止运行。如果检测通过就开始校对Flash里存储的门宽等数据是否正确。如果没有存储或者数据丢失,则进入门宽自学习子程序。自学习子程序主要是通过一次慢速开关门来实现的。电机输出一个固定的SPWM波形,控制器通过检测电机电流来判断门机运行的大概阻力^[8],在释放完门刀和开始拖动门板间有一个阻力和电流的突变,该位置就是门刀的位置,整个门移动的距离即门宽,也通过编码

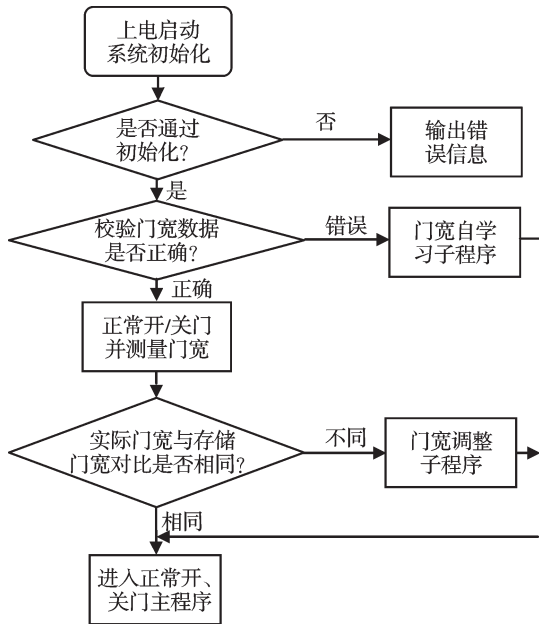


图3 门宽自学习流程图

器计数来测量,并把数据存储在Flash里,避免每次开机都要自学习。如果已有门宽等数据,则在控制器接收到开/关门指令后,就会按照已有数据开/关门,并记录实际开关门的数据,把测得的数据和保存的数据对比,如果符合,就进入正常开/关门主程序,否则会进入门宽微调子程序,通过增加或减少门宽数据,使两组数据相符,然后进入开/关门主程序。这样既可以保证门机的正常工作,同时又可以智能地适应一些条件的改变。

2.2 运行过程状态改变自适应

电梯门机运行时的阻力包括门机自身移动的阻力、下滑块摩擦阻力、自闭弹簧拉力等,要通过公式严格表达出位置和阻力的关系相当复杂,本研究通过大量的实验,对比各种门机在开/关门过程中的电流和速度变化,摸索出了一些控制规律,建立了一个数据库,保存在芯片里,运行过程中,一些控制数据就从这个专家数据库中查询。如当控制器自学习记录门宽、电流等数据后,控制器会根据客户设定的开/关门最快速度,通过专家数据库比对,查出合适的速度和加减速时间,得到一条优化的开/关门理论曲线^[9],以实现电机加减速过程的S曲线,保证门刀快速、安静地收放,以及门板的移动平稳和曲线柔和。开/关门过程的控制如图4所示。

首先,控制器会根据当前所在的位置给出一个理论的速度,根据自学习时学习到的门的开/关电流等,通过查询专家数据库,给出一组初始的载波比 N ,调制度 M ,正弦调制信号频率 ω 值,这样就可以通过SPWM^[10-11]的自然采样法公式计算出脉宽时间:

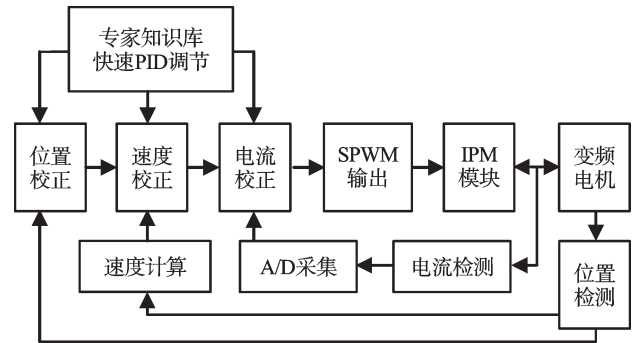


图4 开/关门控制过程结构图

$$t_1 = \frac{T_c}{2}(1 + M \sin \omega t_c) \quad (1)$$

其中, T_c 和载波比有关, t_c 和运行时间有关。间歇时间通过以下公式可以算出:

$$t_2 = \frac{1}{2}(T_c - t_1) \quad (2)$$

控制器把计算得到的脉宽通过死区处理后,输出到IPM模块,IPM模块把功率放大后输出到三相异步调频电机,控制电机运行。电机的运行状态通过电流采集模块和正交编码器模块检测。处理器通过采集的电流、位置、速度数据与专家数据库标准曲线的值对比,通过速度环的PID调节,使实际速度曲线和标准曲线尽可能地吻合。为了避免某些突然因素导致PID调节后输出值大幅度变化,在此不采用位置式PID算法,而采用了增量式PID算法。增量式PID控制的算法公式为:

$$\Delta u_k = A e_k + B e_{k-1} + C e_{k-2} \quad (3)$$

$$A = K_p \left(1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_d}{T}\right) \quad (4)$$

$$B = K_p \left(1 + \frac{2T_d}{T}\right) \quad (5)$$

$$C = K_p \frac{T_d}{T} \quad (6)$$

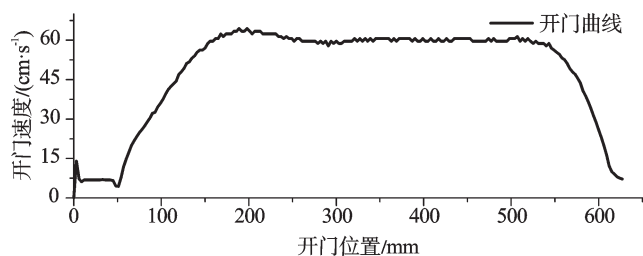
式中: k —采样序号, $k=0,1,2,\dots$; Δu_k —第 k 次采样时刻的控制器输出的增量值; e_k —第 k 次采样时刻输入的偏差值; T —采样周期; K_p —控制器的比例系数; T_i —控制器的积分系数; T_d —控制器的微分系数。

比例系数、积分系数和微分系数根据门在自学习时得到的数据,通过专家数据库对比而得,同时在运行过程中,可根据实际情况适当调整。

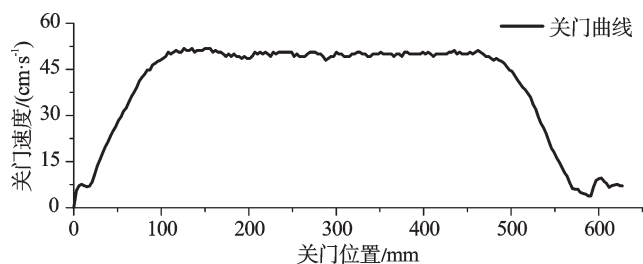
3 测试结果

经过在实际的电梯门机上测试,系统上电后第一

次开/关门进入自学习状态,学习完后主动进入正常运行状态。系统运行时得到的开/关门曲线如图5所示。横坐标是门机运行位置,门机每运行3 mm,输出当前的瞬时速度,纵坐标是记录的速度值,单位为cm/s。开门过程首先是一个匀速放门刀过程,由于保持力的反弹和反向冲击作用,在图5上有一个小的波峰,后面的匀速保持较好。匀速结束后,开始拖动门板,由于阻力的突然增加,电机有个小的减速,后面就开始加速开门。由于采用速度PID调节,根据载荷的不同会有过冲,在图5上加速段与匀速段之间有所体现。开门快结束时,是一个快速减速过程,最后低速碰到门球,给出一个保持力,开门过程结束。关门过程正好相反。



(a) 开门实测曲线



(b) 关门实测曲线

图5 门机开/关门实测曲线

从图5中可以看出,整个开关门过程速度没有太大的波动,总体而言还是比较光滑的,满足了设计的预期。从现场目测,开/关门的曲线也比较柔和,没有撞门、停顿和二次关门等现象。

4 结束语

本研究的主要目的是为了降低电梯门机安装难度,减少安装工作量,在外界条件改变时,仍然能保证电机门机的长时间稳定运行,避免参数设置不合理而

带来的故障。该设计的思路主要是利用高精度的位置编码器和电流检测模块,把当前的位置、速度和电流快速地反馈给控制器,控制器根据反馈的值,实时调整当前运行状态。

经过实际的运行和检测,结果表明,该系统具备了门宽自学习和状态自适应功能,在安装过程中不用设置参数,机械结构安装好后直接运行,开/关门运行快速平稳。经过近一年的严格检测,该系统现在已经在门机厂家批量生产,服务于生活。

参考文献(References):

- [1] LIU Xiao, YE Yun-yue, ZHENG Zhuo, et al. Magnetic field and performance analysis of a tubular permanent magnet linear synchronous motor applied in elevator door system [J]. *J Zhejiang Univ Sci A*, 2008, 9(4): 572-576.
- [2] 陈亮. 乘客电梯门系统故障的分析与维护[J]. *上海铁道科技*, 2012(3): 70-72.
- [3] 郑淑娟, 朱昌明, 徐榕. 电梯门机智能维护系统的研究进展[J]. *中国安全科学学报*, 2008, 18(2): 93-96.
- [4] 虞晖华. 基于DSP和变频器的电梯门机控制系统[J]. *轻工机械*, 2013, 31(4): 48-55.
- [5] 杨明梅, 涂婷婷, 彭巍, 等. 采用开式油路的阀控变频率能液压电梯研究[J]. *液压气动与密封*, 2011(6): 54-57.
- [6] 王鑫, 韩洪洪. 模糊PI控制在电梯门机系统中的应用[J]. *天津理工大学学报*, 2012, 28(45): 37-40.
- [7] 张春, 江明, 陈其工. PID参数模糊自整定控制器的设计与研究[J]. *机电工程*, 2006, 23(9): 19-21.
- [8] TAPIO T, PEKKA P. Automatic door monitoring method for e. g. elevator system, involves calculating frictional force by minimizing difference between measured and estimated door acceleration, and reducing operational condition using calculated frictional force: WO, 2005073119-A2 [P]. 2005-08-11.
- [9] SHIZUO M, SADA AKI K, GOSHIRO Y, et al. The opening-and-closing speed control of an elevator door by frequency-shaping ILO design method [C]//Proceedings of the 2006 American Control Conference. Minneapolis, Minnesota, USA: IEEE, 2006: 1960-1961.
- [10] 任彧, 莫雪娟. 电梯门机伺服系统谐波抑制策略仿真分析[J]. *机电工程*, 2012, 29(5): 536-540.
- [11] COLAKA I, KABALCI E. Developing a novel sinusoidal pulse width modulation (SPWM) technique to eliminate side band harmonics [J]. *Electrical Power and Energy Systems*, 2013, 44(1): 861-871.

[编辑: 李辉]

本文引用格式:

徐晓东, 段攀登, 蒋益兴. 基于LPC1752的免调试电梯门机控制系统[J]. *机电工程*, 2014, 31(6): 783-786.

XU Xiao-dong, DUAN Pan-deng, JIANG Yi-xing. Design of an LPC1752-based adjustment-free elevator door motor control system [J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2014, 31(6): 783-786.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>