

双向脉冲变频控制的直线电动机研究与设计

张金波, 徐建军, 曹爱华, 周振涛

(河海大学, 江苏常州 213022)

摘要: 设计一种双向脉冲变频控制的直线电动机, 该种直线电动机同国内外现有的直线电动机相比在驱动方式和结构上进行了创新, 由双向脉冲变频电源控制, 利用该原理成功设计了一种用于工业计量中的往复泵驱动器。该种直线电动机特点是结构简单, 通过适当改变动力头的结构, 可以设计开发出多种产品。

关键词: 双向; 变频控制; 直线电动机

中图分类号: TM 359.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-7018(2007)09-0055-03

Research and Design on Linear Motors of Two-way Pulse Variable Frequency Control

ZHANG Jin-bo, XU Jian-jun, CAO Ai-hua, ZHOU Zhen-tao

(Hohai University, Changzhou 213022, China)

Abstract A kind of linear motor of two-way pulse variable frequency control was designed. Compared to the existing linear motors at home and abroad, this kind of linear motor had innovations in driven approach and structure. The entire motor movement process was controlled by two-way pulse variable frequency power. According to this theory, the reciprocating pump actuator used in industrial measurement was successfully designed. The kind of linear motor was characterized by simple structure. Appropriate changes in the structure of power head can be designed to a variety of products.

Key words two-way, variable frequency control, linear motor

0 引言

许多直线驱动装置是采用旋转电动机通过曲柄连杆机构, 会产生很大的不平衡惯性力, 造成设备振动及噪声大。这类传动机构体积庞大、结构复杂也就使整机器的体积增加, 各个运动副之间均存在较高的相对运动速度, 由此会产生较大的摩擦与磨损, 使机器易损件数量多、成本增加、效率较低, 并需要较高的制造精度^[1-8]。

本文介绍一种新型双向脉冲变频控制的直线电动机, 该电机改变通常直线电动机次级采用非磁性材料, 利用弹簧复位实现往复运动的方法, 而把直线电动机次级改为稀土永磁材料, 直线电动机整个往复运动过程均由磁传动实现。由于结构简单、驱动系统可靠, 所以双脉冲变频控制的直线电动机是一项很有开发前景的实用技术。

1 直线电动机的结构及设计

1.1 直线电动机结构

直线电动机结构由直线电动机初级(电磁铁心

和绕组)、直线电动机次级(动力头)和电源部分组成, 如图1所示。其工作原理为: 当电磁线圈 ab 端

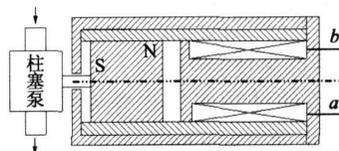


图1 直线电动机的结构示意图

通电后, 在电磁绕组的两端形成磁极与动力头磁极, 同性相斥, 异性相吸。以下给出直线电动机往复运动的工作过程:

(1) 电磁线圈 ab 端通入正向电压, 电磁绕组产生 N 极磁极, 与次级动力头的 N 极磁极通过电磁力相互排斥, 推出次极, 使直线电动机进行伸出运动。

(2) 电磁线圈 ab 端通入负向电压, 电磁绕组产生 S 极磁极, 与次级动力头的 N 极磁极通过电磁力相互吸引, 吸回次极, 使直线电动机进行收缩运动。

由于直线电动机电源为双脉冲电源, 电磁线圈的电流正反方向变化, 就会使直线电动机次级作往复直线运动, 这样可以使连接在电机次级上的柱塞泵也跟随电机一起做往复运动。

该种直线电动机在设计时为了减少噪声在动力头的两端安装有弹簧垫, 由于采用完全磁传动效率可达到 90% 以上, 为了减少摩擦力, 动力头安装有导向槽, 大大提高了其使用寿命。

收稿日期: 2006-01-15

改稿日期: 2006-03-02

基金项目: 常州市新北区科技攻关项目(XE120060815)

中华人民共和国专利项目(200620012781.7)

常州市青年科技人才培养项目(CQ2006004)

1 2 直线电动机设计

在直线电动机中要求电磁铁必须体积小、吸力大。为了产生较大的电磁力,尽量减短磁路的长度,以减小磁场中的铁耗,要求磁路中每一段的磁场密度相对均匀,一般直线电动机的次级动力头行程不大于 5 mm。根据磁路欧姆定律:

$$N = R_m$$

式中: I 电磁线圈中的电流;

N 电磁线圈的匝数;

磁通;

R_m 磁阻。

当电磁铁确定后,电磁线圈的电流及匝数的乘积为定值,也就是说磁通及磁阻的乘积为定值。

电磁力 F 的计算公式:

$$F = kB^2S_0$$

式中: B 磁感应强度;

S_0 电机次级垂直于磁场方向的面积;

k 系数。

计算出的 F 值减去摩擦力及其它阻力损失后的数值可作为直线电动机能达到的最大驱动力的设计依据,直线电动机的最大驱动力 F_1 与直线电动机次级动力头直径及负载有关^[9-15]。

2 变频电源的总体结构及设计

2.1 变频电源的总体结构

变频电源的结构主要由整流电路、驱动电路、IGBT 的桥式电路、降压整流电路、过流过压保护电路、单片机控制电路、按键控制和液晶显示等电路组成,如图 2 所示。

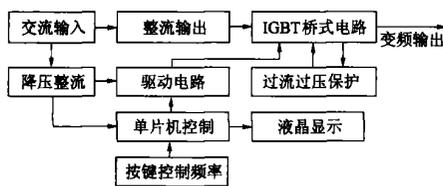


图 2 变频电源的总体结构图

按键控制用于控制电源的输出频率和改变脉冲宽度。液晶显示用于显示频率的大小和脉冲的宽度。

2.2 IGBT 的桥式电路设计

IGBT 的桥式电路如图 3 所示。

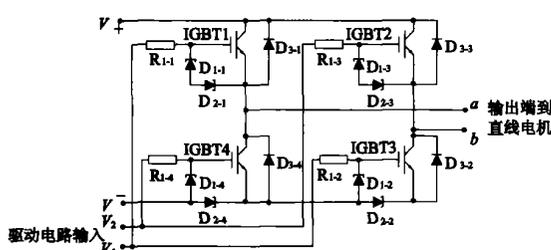


图 3 IGBT 的桥式电路结构示意图

在设计 IGBT 的桥式电路时在 IGBT 的反向端并联一个续流二极管 D_3 , 当 IGBT 关断时, 二极管将 IGBT 的电位钳位在中间直流回路上, 以保护管子, 使它不至于过电压而烧坏。

为了保护管子, 在栅极 - 发射极间加稳压二极管, 钳制 $G-E$ 电压的突然上升, 当驱动电压为 15 V 时, 二极管的稳压值可以为 16 V, 这样能起到一定的电流短路保护作用。

过电流保护电路在 IGBT 过电流时, 使其很快截止, 在电路设计时使用快速电流检测元件, 如分流电阻器或霍尔元件, 还可采用某些具有过电流保护功能的驱动电路^[16]。

2.3 单片机控制电路设计

单片机控制电路主要是产生带死区控制的双向 PWM 脉冲, 用于控制 IGBT 的桥式电路。单片机产生的驱动信号, 经过驱动电路放大处理后, 控制 IGBT 的桥式电路, 驱动直线电动机工作。IGBT1 和 IGBT3 为一组输出, IGBT2 和 IGBT4 为另一组输出, 注意上管和下管不能同时导通, 否则电路将短路。IGBT 桥式电路输入端输入的方波信号如图 4 所示, 这样在 IGBT 的输出端就可以产生如图 5 所示的波形。

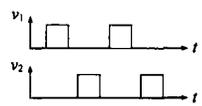


图 4 IGBT 桥式电路输入端输入的方波信号

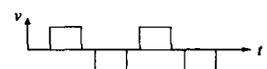


图 5 双脉冲驱动波形

单片机控制电路主要选用 51 系列单片机, 控制电路外围电路包括键盘控制电路和液晶显示电路, 键盘控制电路用于控制电源输出脉冲周期和 PWM 脉冲宽度, 液晶显示用于显示脉冲周期大小 (或频率)、脉冲宽度。

脉冲宽度和频率可以根据实际需要进行设计, 考虑磁性材料的剩磁问题, 电源设计成脉冲宽度为 4~10 ms, 频率 f 为 1~60 Hz 的双向变频电源。

3 软件设计

软件设计主要采用模块化设计, 包括 PWM 信号产生程序、键盘调整 PWM 周期和脉宽程序, 以及液晶显示程序等, 程序总流程如图 6 所示。

PWM 信号产生程序的设计时应考虑桥式 IGBT 同臂的两个 IGBT 不能在一个周期内同时导通, 否则, 上下桥臂两个 IGBT 直通后电路将短路。软件设计时开通信号要延时一段时间, 让要关断的 IGBT 完全关断, 这段时间称为死区延时。本设计选取 2 ms 作为死区延时。脉宽和周期设定都以 1 ms 增减, 当 PWM 脉宽 D 设定为 10 ms, 周期 T 为 20 ms

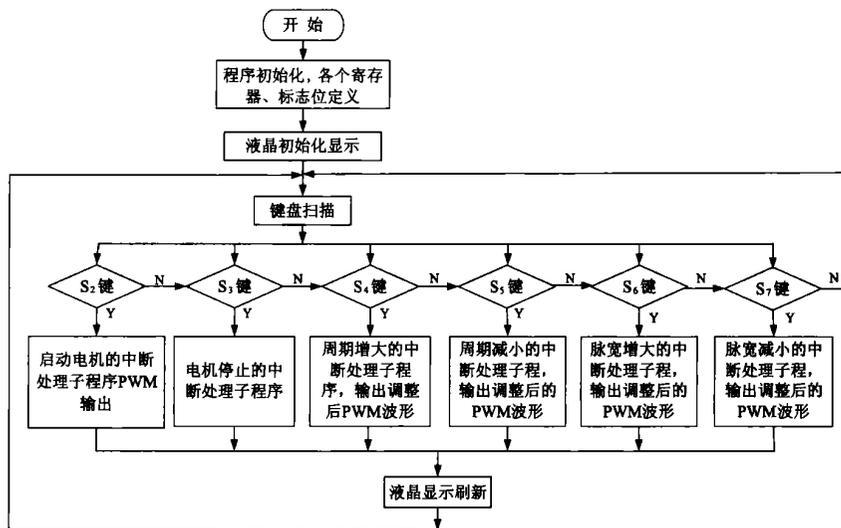


图 6 程序总流程图

时, 出现上下两个桥臂同时导通现象。由于电机绕组具有磁滞现象, PWM 宽度 D 为 $4 \sim 10 \text{ ms}$, f 不超过 60 Hz 即周期 T 不小于 16 667 ms , D 和 T 有如下关系:

- (1) 当 $T - 2D < 4$ 时, 两路波形有重叠;
- (2) 当 $T - 2D = 4$ 时, 两路波形正好相邻, D 不可增加, T 不可减小;
- (3) 当 $T - 2D > 4$ 时, 两路波形不发生干涉, D 可增加, T 可减小。

本设计采用 12 MHz 晶振, 以初态 PWM 脉宽 $D = 6 \text{ ms}$ 周期 $T = 20 \text{ ms}$

键盘按矩阵结构设计, 借助 键盘扫描 程序读取进行, 当有按键按下时, NT0 或 NT1 将收到外部请求信号, 在开中断情况下, 系统进入相应中断处理程序, 设置 $5 \sim 10 \text{ ms}$ 延迟信号后再判断按键, 当判断无按键按下时, 则为假信号, 退出中断继续扫描键盘; 当判断有键按下时, 则进入相应子程序。

液晶显示程序设计, 在编程时要注意, 使能信号 E、RS 命令和数据指令发送时要加入空指令, 可以防止出现干扰。

4 结 语

根据上述原理设计的直线电动机已成功应用于工业精密计量中的计量泵驱动器, 该种直线电动机不仅仅可作为计量泵驱动器, 还可以作为燃油喷射器、泡沫澡盆、药剂喷雾器、空气净化器、煤气燃烧器、喷漆、射钉、电磁锤、冲压机、振动筛和磁疗按摩仪器。由于结构简单、驱动系统可靠, 所以双向脉冲变频控制的直线电动机是一项很有开发前途的实用技术。

参考文献

[1] 张春良. 直线电动机驱动技术的研究现状与发展 [J]. 农业机

械学报, 2002, 33(5): 119-122

[2] 叶云岳. 直线电动机原理与应用 [M]. 北京: 机械工业出版社 2000.

[3] 宋飞. 特殊环境下直线电动机的研制 [J]. 陕西煤炭, 2002, (4): 39-40

[4] 唐任远. 现代永磁电机 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.

[5] 王伟进. 直线电动机的发展与应用概述 [J]. 微电机, 2004, 37(1): 45-46

[6] 蔡长春. 直线电动机的发展与应用 [J]. 微电机, 2003, 36(2): 47-50

[7] 王爱乐. 国外直线电动机驱动新产品的发展 [J]. 科技情报开发与经济, 2003, 13(8): 76-77

[8] 高桂涛. 高功率因数直线感应电机的发展与开发 [J]. 山东建材学院学报, 2001, 15(2): 34-35

[9] 许建强、杨晓峰. 电磁驱动泵设计原理 [J]. 排灌机械, 2004, (4): 3-4

[10] 王晓远, 习贺勋. 永磁非金属液体电磁泵磁场数值分析. 湘潭矿业学院学报 [J]. 2003 (4): 66-69

[11] 叶云岳. 直线电机驱动的新型冲压机 [J]. 电工技术杂志, 200, 2: 35-37

[12] 王建生. 直线电机驱动的活塞式压缩机样机研制 [J]. 流体机械, 2000, 28(5): 7-9.

[13] Boldea I N asar SA. Linear Motion Electromagnetic Sytm [M]. New York: John Wiley & Sons Inc Press 1985

[14] LEBOUCHER L, BOISSONNEAU P, VILLANID. Channel shape optimization of electromagnetic pumps [J]. IEEE Trans Magnetics 1995 31(3): 2142-2145

[15] GWAN S P, KANG S. A study on the pumping forces of the magnetic fluid linear pump [J]. IEEE Trans Magnetics 2003 39(3): 1468-1471.

[16] 王可恕. IGBT 的栅极驱动 [J]. 国外电子元器件, 1996 (5): 34-38.

作者简介: 张金波 (1967-), 男, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为电力系统及其自动化, 电机控制。

为进一步提高本刊的编辑质量, 请您对此文在读者服务卡上圈上数字代码:
有价值, 请圈 39 没有价值, 请圈 40.