

数控机床主轴变频调速控制系统原理及应用

朱全印¹, 韩来吉¹, 付云强¹, 付 侃²

(1. 唐山学院, 河北 唐山 063020; 2. 冀东油田, 河北 唐山 063000)

摘 要:合理地进行数控机床主轴的控制,对提高机床的加工精度和生产效率都十分重要。数控机床是一种灵活、高效能的自动化机床,较好地解决了复杂、精密、小批多变的零件加工问题,正被广泛地应用在生产中。研究了变频调速技术在主轴驱动系统中的应用,实现了主轴的无级调速。

关键词:数控机床; 调速控制; 变频器; 无级调速

中图分类号: TG659 文献标志码: B 文章编号: 1003-0794(2009)09-0194-03

Principle and Application of Data Control Machine Tools of Inconsistent Axis of Changeable Frequency and Restructure Speed Control System

ZHU Quan-yin¹, HAN Lai-ji¹, FU Yun-qiang¹, FU Kan²

(1. Tangshan College, Tangshan 063020, China; 2. East of Hebei Province Oil Field, Tangshan 063000, China)

Abstract: Reasonable to carry out data control machine tools of inconsistent axis are important to improve machine tools processing accuracy. Data control machine tools are flexible, high performance, automated machine tools, it can solve the complication, accuracy and a small group of changeable parts processing problems and they are being widely applied in production. The application of the technology of the changeable frequency and restructure speed in the axis drive system is studied and it achieves the no level restructure speed.

Key words: data control machine tool; restructure speed control; changeable frequency machine; no level restructure speed

0 引言

数控机床的主运动是主轴的旋转运动, 主轴的旋转精度决定了零件的加工精度。在数控机床主轴驱动系统中, 采用变频调速技术调节主轴的转速, 具有高效率、宽范围、高精度的特点。变频器广泛用于交流电机的调速中, 变频调速技术是现代电力传动技术重要发展的方向, 随着电力电子技术的发展, 交流变频技术从理论到实际逐渐走向成熟。变频器不仅调速平滑、调速范围大、效率高、启动电流小、运行平稳, 而且节能效果明显。因此, 交流变频调速已逐渐取代了过去的传统滑差调速、变极调速、直流调速等调速系统, 越来越广泛地应用于机床、冶

金、纺织、供水空调等领域。

1 数控机床对主轴驱动的要求

(1) 电机功率要大, 且在大的调速范围内速度要稳定, 恒功率调速范围宽;

(2) 在断续负载下电机转速波动要小;

(3) 加速、减速时间短;

(4) 温升高、噪声小、振动小、可靠性高、寿命长、易维护、体积小、重量轻;

(5) 电机过载能力强。

2 异步电动机调频调速原理

感应电动机的转子转速

$$n = 60f_1(1-s) / p \quad (1)$$

防人身事故和设备事故的发生。

参考文献:

- [1] 王培润, 南化鹏, 徐瑞银, 等. 浅谈“人—机—环”与煤矿安全生产[J]. 矿山机械, 2005, 33(10): 51-53.
- [2] 方兆良, 杨静. 现代矿业企业新型安全管理系统构建[J]. 矿山机械, 2007(5): 7-10.
- [3] 张力. 我国煤矿安全生产现状, 问题与对策建议[J]. 能源政策研究, 2008(5): 39-41.

作者简介: 刘海富(1973-), 山西山阴人, 助理工程师, 毕业于同煤职工大学矿山机电专业, 现在同煤集团忻州窑矿机电科担任副科长, 主要人事煤矿安全生产管理工作。

按照人机工程的特点: 要使机械设备操作不超过人的能力极限, 达到“人适机、机宜人”的效果; 设计合理的工作环境及信息传递装置达到使人安全高效的工作。设备平稳高效的运行; 把人、机、环境作为一个整体来研究, 从而获得系统的最高效能。

合理确定人与机械设备的功能分配。机械的可靠度高于人的可靠度, 实现生产机械化和自动化, 就可以将人从机械的危险点和危险环境中解脱出来。利用人的思维、判断能力指令操作机械设备, 从而使设备适宜不同环境的作业能力。从根本上提高人机系统的可靠度, 保障煤机设备的可靠安全运行, 预

收稿日期: 2009-01-09

式中 f_1 —— 定子供电频率(电源频率),Hz;
 p —— 电动机定子绕组极对数;
 s —— 转差率。

由式(1)可见,要改变电动机的转速:①改变磁极对数 p ,电动机的转速可作有级变速;②改变转差率 s ;③改变频率 f_1 。在数控机床中,交流电动机的调速常采用变频调速的方式。

感应电动机每相的感应电动势

$$E_1 = 4.44 f_1 N_1 \Phi_m \approx U_1$$

式中 N_1 —— 每相绕组有效匝数;

Φ_m —— 每极磁通;

U_1 —— 定子电压,V。

则 $\Phi_m = KU_1 / f_1$ 。在降低频率的同时,降低电压 U_1 ,以保持 Φ_m 不变。这种 U_1 和 f_1 的配合变化称为恒磁通变频调速中的协调控制(恒转矩调速控制),如图1。当 f_1 频率超过异步电动机铭牌的额定频率,由于电源电压的限制, U_1 已达到变频器输出电压的最大值再不能随 f_1 而升高,异步电动机的每极磁通 Φ_m 与 f_1 成反比例下降,其转矩 T 也随着 f_1 反比例下降。但因转速 n 提高,异步电动机的输出功率 P 则在此区域内保持不变($P = Tn$),称为恒功率调速,如图2。

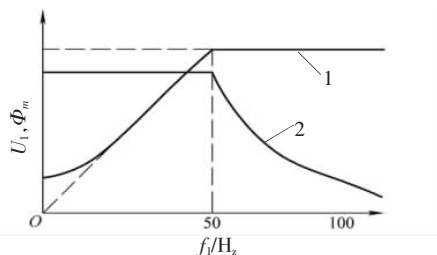


图1 异步电动机电压、磁通特性

1. U_1 曲线 2. Φ_m 曲线

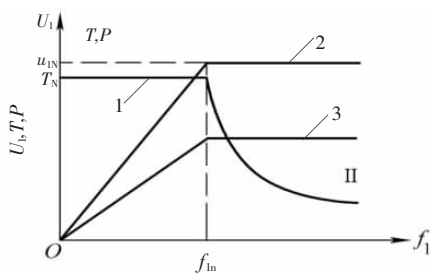


图2 异步电动机运行区域

·恒转矩 ·恒功率 1. T 曲线 2. U_1 曲线 3. P 曲线

3 变频器在机床上的应用

变频器接线图如图3所示,频率范围为0~400 Hz。三相380 V交流电压通过断路器QF接到变频器的电源输入端R、S、T上,变频器输出电压U、V、W接到负载电动机M上。QF是电源总开关,且具有短路和过载保护作用。制动电阻可直接接到P与PR端,对于7.5 kW以上的变频器,再换用较大功率

电阻,制动电阻的作用是当电动机制动时,有部分能量要回馈到变频器内部,直流电压上升通过制动电阻消耗这部分能量。

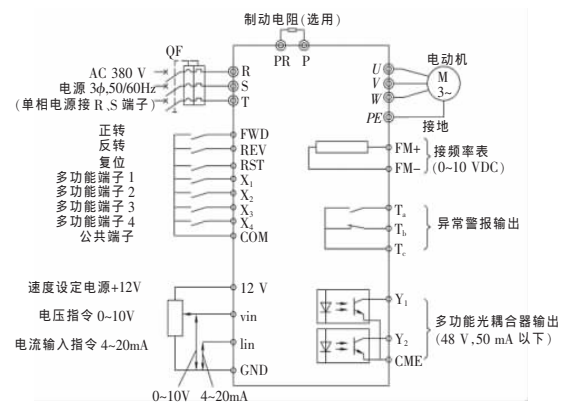


图3 变频器接线图

正反转控制通过FWD、REV、COM端实现,当FWD和COM之间短路,变频器作正向运转,当REV和COM之间短路,变频器作反向运转。电位器用于变频器的变频控制,此外还有X1—X4功能输入端子,RST为复位端子,Win为频率指令端子,Iin为电流指令端子,GND为零电位端子,FM+、FM-为频率表输入端子, T_a 、 T_b 、 T_c 为报警输出端子。 T_a 为正常开路,保护功能动作时闭合; T_b 为正常时闭合,保护功能动作时开路, T_c 为 T_a 、 T_b 的公共端。 Y_1 、 Y_2 为多功能输出端子,CME为输出公共端。

4 主轴分段无级调速及控制

数控装置可通过3种方式控制主轴驱动:(1)通过主轴模拟电压输出接口,输出0~±10 V模拟电压至主轴驱动装置,电压的正负控制电动机转向,电压的大小控制电动机的转速。(2)输出单极性0~10 V模拟电压至主轴驱动装置,通过正转与反转开关量信号指定正反转。(3)选择数控装置输出12位二进制代码或2位BCD码(4位BCD码)开关量信号至主轴驱动,控制主轴的转速。无论哪一种方法,均可实现主轴电动机的无级调速。

数控机床常采用1~4挡齿轮变速与无级调速相结合的方式,即分段无级变速方式。一般数控系统提供2~4挡变速功能,而数控机床通常使用2挡即可满足要求。数控系统可使用 M_{41} ~ M_{44} 代码进行齿轮的自动换挡。首先需要在数控系统参数区设置 M_{41} ~ M_{44} 4挡对应的最高主轴转速,这样数控系统根据当前S指令值判断挡位,并自动输出相应的 M_{41} ~ M_{44} 指令至PLC,控制更换相应的齿轮挡,然后数控装置输出相应的模拟电压,如图4所示。不同机床主轴换挡所用的方式不同,它的控制由PLC来完成。

基于 LQR 的二级倒立摆模糊控制 *

丁莉芬¹, 安小宇¹, 韩晓峰², 宋寅卯¹, 姜利英¹

(1. 郑州轻工业学院 电气信息工程学院, 郑州 450002; 2. 郑州市自来水总公司, 郑州 450007)

摘 要: 针对非线性、多变量、不稳定的二级倒立摆系统, 提出基于 LQR 最优控制设计模糊控制器。利用信息融合技术降低了模糊控制器的维数, 因而简化了多变量模糊控制器的设计过程。仿真结果表明, 这种控制器不但结构简单, 而且具有很好的控制效果。

关键词: 模糊控制; 倒立摆; 信息融合; LQR

中图分类号: TP273.4 文献标志码: B 文章编号: 1003-0794(2009)09-0196-04

Fuzzy Control of Double Inverted Pendulum Based LQR

DING Li-fen¹, AN Xiao-yu¹, HAN Xiao-feng², SONG Yin-mao¹, JIANG Li-ying¹

(1. College of Electronic and Information Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China;

2. Zhengzhou Water Supply Corporation, Zhengzhou, 450007, China)

Abstract: For the double inverted pendulum which is a nonlinear and strong-complying system, a fuzzy controller based on LQR optimal control theory is introduced. Using information fusion, input varieties' dimensions of the fuzzy controller are depressed which simplified the design of multi-variety fuzzy controller. Simulation and experiment prove that the fuzzy controller has a simple structure and give good control performance.

Key words: fuzzy logic control; inverted pendulum; information fusion; LQR

0 引言

倒立摆系统起源于 20 世纪 50 年代, 按照其机械组成的复杂程度可分为一级倒立摆、二级倒立摆甚至四级倒立摆。它们的数学模型都是非线性不稳定系统, 具有多输入变量、强耦合性等特点, 能有效地反映控制中的关键问题, 如稳定性、鲁棒性等, 是可以用于检验各种控制理论的理想模型。多种控制策略已经用于实现多级倒立摆系统的稳定控制。由于模糊控制的控制机理接近于人类的思维方式, 并且不需要建立控制系统精确的数学模型, 因而设计简单, 所以在多级倒立摆的稳定控制中被广泛应用。

河南省科技攻关项目 (082300410290)

二级倒立摆具有 6 个状态变量, 若采用常规的模糊控制器, 模糊规则数将会很多。本文利用倒立摆系统的线性化模型来设计二级倒立摆模糊控制器。运用现代控制理论中的最优控制理论, 利用最优状态反馈矩阵并结合信息融合方法, 实现减小控制器输入变量维数, 减少模糊控制的规则数, 从而简化了模糊控制器的设计步骤, 通过仿真和实验, 系统稳定性较好, 满足了控制系统动态和静态方面的要求。

1 二级倒立摆的数学模型

二级倒立摆系统结构如图 1 所示。根据力学和运动学原理, 可得到二级倒立摆的数学模型。设 m_0 、

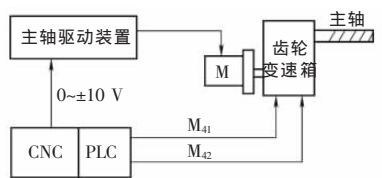


图 4 分段无级变速

5 结语

数控机床的技术水平高低及其在金属切削加工机床产量和总拥有量的百分比, 是衡量一个国家国民经济发展和工业制造整体水平的重要标志之一。数控机床主轴采用变频变速: (1) 在调速范围、速度精度、定位功能、机械结构的简化方面具有较明显的优势; (2) 机械结构简化, 节省了金属材料; (3) 操作简化, 降低了机械故障率及维修成本; (4) 控制范围

增大, 控制精度提高, 提高了电机的控制效率; (5) 提高了机床的加工精度和生产效率, 实现了主轴的无级调速。

参考文献:

- [1] 廖兆荣. 机床电气自动控制[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [2] 石秋洁. 变频器应用基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [3] 何芳. 变频调速技术在排水行业中的应用[J]. 煤矿机械, 2008, 29(1): 62-63.
- [4] 姚远, 杨世明. 基于工控机的变频调速控制系统研究[J]. 制造业自动化, 2008(9): 26-28.

作者简介: 朱全印(1973-), 河北唐山人, 唐山学院讲师, 1997年毕业于河北理工学院工业电气自动化专业, 多年从事自动控制专业、机电一体化专业的理论和实践教学与科研工作, 发表专业论文数篇, 电子信箱: tsfyq@tom.com.

收稿日期: 2009-02-03