

步进电机升降速控制技术研究

曹小鹏¹, 张建龙², 樊亚玲³

(1. 榆林市电力建设总公司, 陕西 榆林 719000; 2. 榆林供电局, 陕西 榆林 719000;

3. 榆林市电力设计院, 陕西 榆林 719000)

Control Techniques for Step-servo Motor Lifters

CAO Xiao-peng¹, ZHANG Jian-long², FAN Ya-ling³

(1. Yulin Electric Power Construction Corporation, Yulin 719000, Shaanxi Province, China; 2. Yulin Electric Power Supply Bureau, Yulin 719000, Shaanxi Province, China; 3. Yulin Electric Power Design Institute, Yulin 719000, Shaanxi Province, China)

ABSTRACT: A proper accelerating & decelerating course is essential for fast-positioning of the step-servo motor. This paper presents an exponential accelerating and decelerating curve method based on chip microcomputer for the control mechanism. The method can both speed up positioning and ensure the positioning precision, and in addition, it provides solutions for the resonance vibration which occurs in the operation of the step-servo motor.

KEY WORDS: step-servo motors; lifting speed control; chip microcomputer; resonance vibration

摘要: 对于需要步进电机快速定位的系统来说, 一个合理的加减速过程是非常重要的。主要介绍了一种基于单片机的简化后的指数型加减速曲线控制方法。该方法既可以提高快速性, 又可以保证系统的定位精度, 同时对步进电机在运行过程中产生的共振现象提出解决方法。

关键词: 步进电机; 升降速控制; 单片机; 共振现象

1 概述

1.1 步进电机升降速控制技术的必要性

步进电机是一种用电脉冲信号作为控制, 并将电脉冲信号转换成相应的角位移或线位移的控制电机。它具有控制方便、精度高、不累计误差、可以在开环系统中工作等优点, 因此在很多工业控制场合中, 步进电机作为数字控制系统的伺服元件。众所周知, 步进电机有一空载启动频率, 即步进电机在空载情况下能够正常启动脉冲频率, 如果脉冲频率高于该值, 电机不能正常启动, 可能发生失步。在有负载的情况下, 启动频率应更低。但是许多控制场合对快速

性要求较高, 因此如果启动频率过低的话, 就会影响系统的快速性要求。若步进电机直接以高频启动, 则电机不能正常启动, 会发生堵转或失步现象, 不能保证控制精度与稳定性。为了兼顾快速性与稳定性的要求, 必须对步进电机采用升降速控制技术。这样既提高了系统的快速性, 又不影响系统稳定性^[1-2]。

1.2 步进电机升降速控制技术的一般性

步进电机升降速控制技术应用范围很广, 在许多工业控制场合都会用到此项技术。它们的应用特点与控制方法有共性, 主要体现在2种情况。其一, 中短距离的升降速控制, 如图1(a)所示。在这种情况下, 步进电机是一个不充分升速的过程, 不能运行至特定负载下最高运行频率就开始降速, 即步进电机没有匀速运行的过程。其二, 长距离的升降速控制, 如图1(b)所示。在这种情况下, 步进电机是一个充分升速的过程, 可以运行至特定负载下最高运行频率, 该过程具有升速匀速降速完整的过程^[3]。

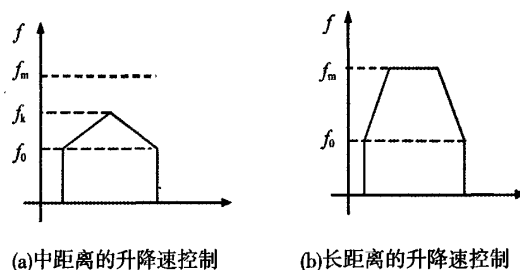


图1 步进电机升降速控制技术的一般性

因此, 步进电机升降速控制是一项实用而又复杂的技术, 很有必要认真研究。

2 目前通常采用的几种升降速控制方法及其特点

2.1 匀升降速控制

匀升降速运动,顾名思义,在步进电机升速过程中,加速度保持一恒定值不变,速度以线性规律上升,如图2所示。此种加速方法快速性较好,但是由于速度呈线性上升或下降规律,不完全符合步进电机的速度变化规律,所以此种升降速控制方法效果不十分理想。笔者曾做过匀升降速控制实验,步进电机处于负载状态下可以按预期的目标升降速,但是反映出过冲量大、稳定性差、噪音大的现象。所以在步进电机升降速控制中不适合采用此种方法。

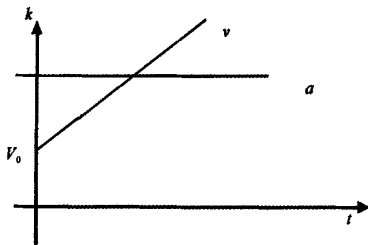


图2 匀升降速控制

2.2 指数规律升降速

所谓指数规律加速是指在此种升降速控制过程中,步进电机的速度呈指数规律上升或下降。开始加速度最大,且随着速度的升高而逐渐减小,速度上升的越来越慢,当速度上升至最高值时,加速度降低至最小,理想情况下应接近于0,如图3所示。用指数规律加速能充分保证步进电机运行稳定性,同时兼顾了升降运行快速性。事实上,用指数规律加速是与理论分析结果完全符合的,理论分析表明步进电机的速度变化规律符合某种指数规律的。用指数规律升降速完全可以满足步进电机升降速控制的要求^[4-5]。

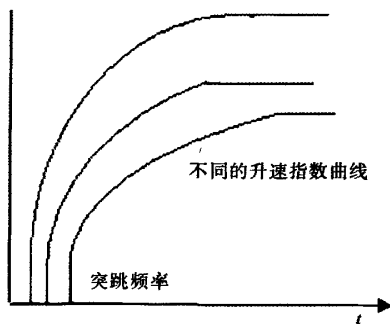


图3 指数规律升降速

3 步进电机升降速控制的实施方案

3.1 加速度控制

在升速过程中,步进电机的输出力矩会随频率的增大而力矩不断下降。若步进电机升降速曲线不合理,会造成失步现象,从而直接影响到系统的控制精度与稳定性。所以必须要经过严格的理论计算与大量的实验来确定最佳的升降速控制方案。由于一般用单片机主控步进电机,指数曲线在实际软件编程中比较麻烦,所以采用离散逼近法获得理想的升降速曲线,将事先算好的数据存贮在ROM内,在工作过程直接读取。控制规律如图4所示。步进电机以“突跳频率”启动,并按指数规律上升^[6-7]。在步进电机速度变化过程中,速度不是连续变化,而是按分档阶梯变化,每一个速度阶梯的运行时间都不同。随着速度的上升,对应速度阶梯运行时间也呈上升趋势,即随着速度的上升,对应阶梯运行脉冲数也随之增加。

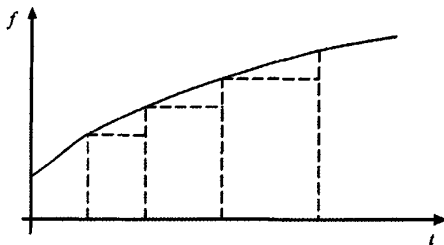


图4 离散逼近法控制规律

经过大量的理论计算与实验验证,这种步进电机的升降速控制方案取得了较为理想的效果。步进电机在负载状态下可以迅速的完成升速过程,并且未出现失步现象。

3.2 共振问题的解决

共振问题是决定步进电机整机运行性能的一个重要因素。若步进电机在运行过程中发生共振现象,将会对系统稳定性产生较大的影响。所以,共振问题必须引起重视^[8]。主要从以下几个方面来改善共振现象。首先,尽量选用带细分的驱动器与三相混合式步进电机。细分技术可以很好地改善电机的运行性能,步进电机的细分控制是由驱动器精确控制步进电机的相电流来实现的,以二相电机为例,假如电机的额定相电流为3 A,如果使用常规驱动器(如常用的恒流斩波方式)驱动该电机,电机每运行一步,其

绕组内的电流将从0突变为3 A或从3 A突变到0,相电流的巨大变化,必然会引起电机运行的振动和噪音。如果使用细分驱动器,在10细分的状态下驱动该电机,电机每运行一微步,其绕组内的电流变化只有0.3 A而不是3 A,且电流是以正弦曲线规律变化,这样就大大改善了电机的低频振动和噪音,而且细分控制不但不会引起电机力矩的下降,相反,力矩会有所增加。而三相混合式步进电机自身具有分辨率小,精度高,低频无震荡,高频力矩大等优点,可以配合细分驱动器更大程度的改善共振现象。其次,尽量采用恒流斩波方式驱动方式,由相关理论分析得知,此种驱动方式可以较好地消除步进电机的低频共振现象。经过试验,取得了较好的效果,对共振现象有明显改善。

4 结语

综上所述,步进电机升降速控制技术是一项关键技术。步进电机升降速曲线的设计直接影响电机运行的平稳性、升降速快慢、电机运行声音、最高速度、控制精度,从而决定了控制系统的综合性能。对升降速控制技术的研究是一个永无止境的过程,只

有从持续课题研究实践中不断地积累经验结合理论去不断探索,才能逐步达到一种最佳的控制状态。

参考文献

- [1] 李仁定.电机的微机控制[M].机械工业出版社,1999.
- [2] 武军,柏承宇,胡彦奎,等.同步电机步进运动性能分析[J].现代电子技术,2010,33(1):156-159.
- [3] 田泊涛.控制电机[M].北京:机械工业出版社,2001.
- [4] 张洪润,蓝清华.单片机应用技术教程[M].北京:清华大学出版社,1997.
- [5] 杨宏,李国辉.基于Proteus单片机的步进电机控制设计[J].现代电子技术,2010,33(5):104-109.
- [6] 王晓明.电动机的单片机控制[M].北京:航空航天大学出版社,2002.
- [7] 马忠梅.单片机C语言应用程序设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,1997.
- [8] 李素冰.机电一体化手册[M].北京:机械工业出版社,1997.

收稿日期:2010-06-25.

作者简介:

曹小鹏(1979—),男,本科,工程师,从事电气管理工作;
张建龙(1964—),男,工程师,从事电气管理工作。

(编辑 董小兵)

(上接第41页)

- [10] 崔金兰,刘天琪,李兴源.含有分布式发电的配电网重构研究[J].电力系统保护与控制,2008,36(15):37-40.
- [11] 陈海众,陈金富,段献忠.含分布式电源的配电网潮流计算[J].电力系统自动化,2006,30(1):35-40.
- [12] Zhu Y, Tomsovic K. Adaptive Power Flow Method for Distribution Systems with Dispersed Generation[J]. IEEE Trans on Power Delivery,2002,17(3):822-827.
- [13] Singly A H, Klingensmith L H W N. Three Phase Power Flow for Distribution Systems with Dispersed Generation[C]//14th PSCC Sevilla:2002.
- [14] 王成山,郑海峰,谢莹华,等.计及分布式发电的配电系统随机潮流计算[J].电力系统自动化,2005,29(24):39-44.
- [15] 潘文明.基于改进二进制粒子群算法的配电网重构[D].吉林:东北电力大学,2009:12-18.

- [16] Civanlar S, Grainger J J, Yin H, et al. Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Reduction [J]. IEEE Trans on Delivery,1988,3(7):1217-1223.

收稿日期:2010-06-11.

作者简介:

邱正美(1986—),女,硕士研究生,研究方向为电力系统分析、运行与控制;

马丽(1986—),硕士研究生,研究方向为电力系统分析、运行与控制;

张建华(1952—),男,教授,博士生导师,主要研究领域为电力系统运行与控制、配电网自动化、静止无功补偿等。

(编辑 冯露)

步进电机升降速控制技术研究

作者: [曹小鹏](#), [张建龙](#), [樊亚玲](#), [CAO Xiao-peng](#), [ZHANG Jian-long](#), [FAN Ya-ling](#)
作者单位: [曹小鹏, CAO Xiao-peng \(榆林市电力建设总公司, 陕西, 榆林, 719000\)](#), [张建龙, ZHANG Jian-long \(榆林供电局, 陕西, 榆林, 719000\)](#), [樊亚玲, FAN Ya-ling \(榆林市电力设计院, 陕西, 榆林, 719000\)](#)
刊名: [电网与清洁能源](#)
英文刊名: [ADVANCES OF POWER SYSTEM & HYDROELECTRIC ENGINEERING](#)
年, 卷(期): 2010, 26(10)
被引用次数: 0次

参考文献(8条)

1. 李仁定. 电机的微机控制[M]. 机械工业出版社, 1999.
2. 武军, 柏承宇, 胡彦奎, 等. 同步电机步进运动性能分析[J]. 现代电子技术, 2010, 33(1):156-159.
3. 田泊涛. 控制电机[M]. 北京:机械工业出版社, 2001.
4. 张洪润, 蓝清华. 单片机应用技术教程[M]. 北京:清华大学出版社, 1997.
5. 杨宏, 李国辉. 基于Proteus单片机的步进电机控制设计[J]. 现代电子技术, 2010, 33(5):104-109.
6. 王晓明. 电动机的单片机控制[M]. 北京:航空航天大学出版社, 2002
7. 马忠梅. 单片机C语言应用程序设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 1997.
8. 李素冰. 机电一体化手册[M]. 北京:机械工业出版社, 1997.

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [陈曾汉](#), [麦苗](#), [万华强](#) 多任务测控系统中的步进电机升降速控制 -微特电机2003, 31(4)
介绍了一种在实时多任务系统中步进电机升降速控制的方法, 包括硬件设计原则和多任务设计思路. 给出了步进电机升降速控制任务和其它多任务在MROS的调度下实现多任务并行操作的IPC测控系统实例.
2. 学位论文 [刘兴昌](#) 步进电机伺服系统动态特性及惯量匹配的研究 1997
该文在建立了步进电机伺服系统数学模型的基础上, 使用龙格库塔法仿真了不同驱动电源类型下(单电压驱动, 高低压驱动及斩波驱动电源)步进电机伺服系统的运行过程, 得到了系统动态误差随系统惯量比的变化曲线, 完成对惯量匹配范围的细化工作, 为数控机床设计提供了比较详细的参考数据. 在数控机床升降速控制方面, 该文对步进电机伺服系统建立简化数学模型, 分别针对单电压驱动、高低压驱动及斩波驱动三种驱动电源, 仿真了系统在不同的惯量阻尼比(ζ/D)下的最优升降速时间比曲线, 对数控机床软件的优化设计提供了参考数据. 最后, 我们在一台由C620改装的数控机床上对步进电机伺服系统惯量匹配进行了实验, 取得了与理论分析近似一致的结果.
3. 期刊论文 [廖高华](#), [唐刚](#), [LIAO Gao-hua](#), [TANG Gang](#) 精密控制系统中步进电机升降速控制的设计 -机械设计与制造 2008(6)
为使步进电机在转速和负载变化的条件下不失步运行, 实现精密控制系统中高精度控制, 并保持最快响应速度, 需要对其进行动态升降速控制. 设计一种基于FPGA的自动升降速离散控制, 采用VHDL语言进行设计输入, 能有效地生成具有各种升降速功能的速度方程. 实验证明, 升降速曲线控制简单易行、安全实时可靠、抗干扰性能好, 能够显著提高由步进电机驱动系统的性能.
4. 学位论文 [刘爱萍](#) 基于C8051F005单片机的两相混合式直线步进电机驱动系统的设计 2007
本课题采用比普通单片机快十多倍的C8051F005单片机, 设计了基于C8051F005控制的直线步进电机驱动控制系统, 扩大了细分度和速度的可调节范围.
在控制策略上, 依据直线步进电机力—速特性和动力学方程, 推导了直线步进电机理想的升降速控制曲线, 实现了指数规律的升降速控制, 使系统具有良好的动态特性, 解决了点位控制中的失步和直线步进电机行程末端的机械冲击问题; 采用等幅均匀细分控制技术, 有效地克服直线步进电机低频振动, 提高了电机在中、低速运行时的性能, 提高了系统的分辨率, 减小了噪音; 采用具有恒流斩波功能的专用驱动芯片, 使直线步进电机绕组电流恒定, 电机运行更加平稳.
完成了C8051F005单片机和UC3717A结合的硬件电路设计, 用汇编语言编写直线步进电机定位、匀速往返和加减速三种运行方式控制程序. 实现了对直线步进电机的启停、定位、调速及正反向运行的控制. 最后在SLPMU-025A样机上进行了测试, 实验结果满足设计要求.
该驱动控制系统可做步进电机本体研发的配套设备, 通过修改软件参数也可推广应用于其他步进电机的驱动控制, 具有较好的应用前景.
5. 期刊论文 [袁丽娟](#), [王应海](#), [朱利军](#), [Yuan Lijuan](#), [Wang Yinghai](#), [Zhu Lijun](#) SM8954A单片机在步进电机升降速控制中的应用发 -电子技术2008, 45(6)
针对步进电机在升降速过程中会发生失步、堵转等现象, 文章根据单片机软件设计方法在电机铁芯扭槽叠扣冲压控制系统中的实际应用, 分析了步进电机的加减速离散控制方法, 并给出了控制系统中实现步进电机升降速的程序框图.
6. 学位论文 [方玉甫](#) 步进电机自动升降速系统的研究与应用 2003
为使步进电机在转速和负载变化的情况下不失步地运行, 并保持最快响应速度, 需要对其进行动态升降速控制. 该论文对常见的步进电机的自动升降速方法进行了系统的分析, 比较分析了它们的优缺点, 并在此基础上提出了分段式最佳升降速方案, 详细阐述了分段升降速方案. 作为一个应用实例, 该文对淮南煤气公司的配气过程通过步进电机调节进气、出气阀门实现了配气过程的自动化控制. 在控制过程中, 根据混合气体的燃烧热值, 通过模糊控制得出控制阀门的步进电机应该运动的步数, 然后步进电机就是按自动升降速控制带动阀门运动, 完成规定的运行距离, 并可通过上位机全程监控热值、压强等配气过程参数.

7. 期刊论文 [肖本贤 喷墨绘图仪中步进电机的升降速控制](#) -微电机2001, 34(4)

介绍了一个由单片机控制的绘图仪中2自由度轴驱动接口电路,重点讨论了利用中断的方法实现步进电机速度控制、速度的动态调整和升降速软件的具体实现措施。

8. 学位论文 [陈志聪 步进电机驱动控制技术及其应用设计研究](#) 2008

步进电机是一种将电脉冲信号转化为机械角位移或者线位移的机电元件,它能够在不涉及伺服系统复杂反馈环路的情况下实现良好的定位精度,并且具有性价比高、易于控制以及无积累误差等优点,在民用、工业用的经济型数控开环定位系统中获得了广泛的应用,具有较高的实用价值。本论文在研究步进电机的特性、构造、工作原理及关键驱动技术的基础之上,针对具体的应用需求,开发出了多款基于单片机的步进电机驱动控制器,最后将步进电机应用于芯片显微自动拍照系统当中,实现了芯片显微拍照的自动化。本论文主要开发了以下几个步进电机相关的项目:

(1) 两相永磁式步进电机测试仪器。该仪器采用了恒压驱动方式,具有定频、变频、触发以及循环四种测试模式,并可通过由按键及液晶显示模块构成的人机交互界面灵活设置工作参数。

(2) 五相混合式步进电机驱动器。该驱动器采用恒总流斩波驱动方式,能够使步进电机运转更加平稳、牵出转矩更大。

(3) 两相混合式步进电机三维细分驱动控制器。该驱动控制器采用了正弦细分驱动方式,能够同时对三个步进电机进行可变细分驱动以及自动升降速控制,主要应用于三维定位系统当中。

(4) CAN-RS232以及USB-RS232透明协议转换模块。采用这两模块可将传统的基于RS232和RS485总线的主从式通讯方式,升级为基于CAN总线的主多通讯方式,从而大大提高通讯系统的实时性。

(5) 芯片显微自动拍照系统。该显微自动拍照系统硬件部分主要由三维细分驱动器、三维电控位移台、显微镜、CMOS摄像头以及计算机构成。

9. 学位论文 [唐凯 航空测速表校验台控制系统及其相关问题的研究](#) 2002

该文从以下几个方面进行主要研究(1)根据测试的转速指标和功能要求,研究分析了系统设计的方案,简述了步进电机的发展现状及应用特性。(2)介绍了航空测速表校验台系统的硬件设计.系统硬件分为转速执行机构和系统控制机构.其中转速执行机构由步进电机,测速发电机和变速箱组成.负责产生转速并输出相应的交流电压信号.系统控制机构完成对步进电机转速的控制.并实现键盘控制,数据存储和实时显示转速等功能。(3)介绍了系统的软件设计.系统软件包含了对步进电机的运行控制和转速精度的控制,是校验台系统的重要环节,同时软件设计完成了用户按键响应等其他功能。(4)研究了步进电机的升降速特性及其控制方法,并介绍了针对该特性进行的步进电机升降速控制的软件实现。(5)研究了步进电机的振动特性,分析了步进电机产生振动的机理,介绍了在该系统对振动问题的解决方法.从投入实用的效果来看,该系统运行稳定.而且操作简单,能够有效的完成对航空测速表的测试。

10. 期刊论文 [杜晓 张重雄. DU Xiao. ZHANG Chong Xiong 高稳定度步进电机控制器IP Core设计](#) -电子技术应用

2009, 35(12)

利用SoPC技术设计了一种通用性强、细分数可编程、升/降速曲线可编程的步进电机控制器IP Core,并利用Altera的DE2开发板进行了设计验证。

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_xslfd201010012.aspx

授权使用: 华中科技大学(hzkjdx), 授权号: 089336ab-f99a-4347-ab3d-9ea600b79b26

下载时间: 2011年3月14日