

印刷机数字化无轴传动技术研究综述

黄 刚, 张昌凡

(湖南工业大学, 湖南 株洲 412008)

摘 要: 阐述了无轴传动技术的定义、特点及在印刷机上的应用。无轴传动技术在印刷机上的应用, 使得印刷机在高速运转时更加平稳, 从而提高印刷品的质量。介绍了无轴传动中电机的几种控制方法的特点, 并对其发展方向进行了展望。

关键词: 无轴传动; 印刷机; 滑模变结构控制; 模糊控制; 神经网络控制

中图分类号: TP13

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2007)06-0060-03

Research on Digital Shaftless Drive Technology in Printing Press

Huang gang, Zhang Changfan

(Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

Abstract: The definition and characteristics drive technology of shaftless drive applied in printing press are introduced. By using Shaftless drive technology, the printing press can drive more stationary and efficiently. Then the characteristics of some control methods in motors are introduced as well as further development prospect.

Key words: shaftless drive; press; sliding mode variable structure control; fuzzy control; neural network control

1 印刷机数字化无轴传动技术简介

随着科学技术的飞速发展, 无轴传动技术日趋进步, 特别是数字网络技术的应用, 在提高性能方面起了重要作用, 从而使电气传动控制技术发生了深刻的变化。自柔印技术开发面世以来, 印刷机械制造商们就不得不面对着机械零部件, 特别是齿轮的一些固有缺陷, 希望生产不采用齿轮的柔印机。这一构想, 在很多年前就已提出, 但由于技术等条件的限制, 一直没有很大进展。

近年来, 基于电力电子电路的电力转换, 电机控制技术, 计算机技术, 微电子技术, 全数字化、网络通讯等技术的日新月异, 采用无轴传动技术的印刷机应运而生, 并得到迅速发展, 且已主导现代印刷机械主流。目前, 全球的印刷企业和制造商都将目光聚焦在无轴传动技术的发展和应用上, 欧洲印刷机制造商近几年制造的高档印刷机大多已采用无轴传动技术,

在日本也有 30 % 的凹印机产品采用无轴传动技术^[1], 而国内的电子轴传动系统和套准系统都来自国外厂商, 国内相关行业刚刚涉足这一领域, 具有广阔的市场前景。加快发展数字化、智能化印刷机械关键技术与装备是《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020)》提出的“用高新技术改造和提升制造业, 大幅度提高产品档次、技术含量和附加值, 全面提升制造业整体技术水平”以及优先发展“数字化和智能化设计制造”的重要体现, 是推动我国印刷装备制造业结构调整和产业升级, 实现我国印刷工业数字化、网络化、自动化技术发展要求的重要技术支撑。“数字化、智能化印刷机械关键技术与装备”项目, 围绕我国书刊、报业、包装装潢、商业印刷业急需的关键技术与装备, 重点突破一批制约我国印刷装备制造业发展、对行业产品升级换代和技术进步具有带动性强、辐射面大的相关关键共性单元技术(含印刷机数字化无轴传动技术研究与应用)和数字化、自动化高档印

收稿日期: 2007-06-09

作者简介: 黄 刚(1979-), 男, 河南漯河人, 湖南工业大学助教, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为现代控制理论及其在电力电子系统中的应用。

刷技术装备,提高我国数字化印刷技术与装备的自主创新能力和技术水平,打破国外高档印刷装备的市场垄断,提高国际竞争力。因此,我国印机配套厂商和科研院所应抓住这一契机,利用行业优势,研究和开发出一批适用于我国印刷设备需要的交流伺服传动系统,为国产印刷机的全面升级换代提供强有力的技术支持。

1.1 无轴传动的定义

无轴传动(Shaftless)技术又称为伺服传动技术,它以相互独立的伺服电机驱动系统代替了原有的机械长轴传动。通过网络、程序软件形成了内部虚拟的电子轴,各电子轴通过现场总线进行高速的数据交换传输,各个版辊随虚拟的电子轴运转,保证版辊相位严格同步^[1]。

无轴传动印刷机,是一种开放式结构模块化设计的独立驱动单元^[2]。对于无轴传动印刷机来讲,已经不需要通过主轴将动力传递给每一个单元,不需要通过高精度的齿轮箱传递力矩,不需要齿箱的润滑系统,避免了由于机械制造安装不准确产生的一些问题,因此,就不会产生因为齿轮传动而形成的影响套印精度的因素,减少了机器运转时的噪音,提高了能耗效率,可以更好地利用空间,可以在一部分印刷单元仍在运转时,变动另一部分印刷部件的活件尺寸。目前无轴传动技术大多采用了符合国际数字传动接口标准的串口实时通信系统,通过无噪音光纤电缆同步协调每个传动装置,这样就简化了人员培训,产品支持以及公司内部的生产管理。

无轴传动拥有极高的同步协调性。每个驱动单元都是光电信号的获取及传输,是通过无噪音光纤电缆来完成的,不再使用主轴及齿箱传递力矩。驱动单元张力调节辊的同步协调性的提高,为调节速度提供了很大的方便。每个驱动单元具有独立的套准系统,套准控制反应快,控制信号直接作用于交流伺服电机,而电机直接作用于调节印版滚筒的相位,这就为快速反应提供了可靠保证。

1.2 无轴传动的特点

1) 具有极高的套印精度。无轴传动控制系统由于采用控制性能最高的交流伺服系统,编码器高达400万个脉冲,能在0.001 mm的范围对版辊进行调整,通过采用超高分辨率的编码器和高速微处理器组成的电子轴(ELS)系统作出非常精密的定位、比例及速度的控制^[3]。而机械式传动,由于传动齿轮侧隙误差积累、齿轮的精度、传动轴的扭曲变形、安装的误差、机械的磨损都会降低套印精度。

2) 系统结构简单。以无轴(电子轴)传动的凹版印刷机为例,其采用模块化设计的独立驱动单元,不需要通过高精度的齿轮箱传递力矩,不需要齿箱的润

滑系统,因此就不会产生因为齿轮传动而形成的影响套印精度的因素,整个系统结构简单了,而稳定性却增强了。

3) 自动化程度高。无轴(电子轴)传动印刷机的每个印刷单元,都采用一个独立电机驱动,因此各机组既可以联动一起进行印刷套印,也可以单独运转,能够实现一个机组在印刷时,另一个机组完成印前准备,减少了辅助时间,且机器组合方便,如扩展、加色等,提高了机器的印刷精度,缩短了调试时间,使设备操作更加快捷灵活。同时,由于不用齿轮,印刷机上滚筒的传动就不再受齿轮节距的限制,印刷品的重复长度就没有固定的局限,而可以随意加以调节,这在适应包装印刷品规格多样化的需要的柔性版印刷机上尤受欢迎。只需把印版滚筒的周长调换到要求的长度,并把重复长度数据输入控制中心就可以了。

4) 节省大量的准备时间。由于版辊具有独立驱动功能,部分未使用的机组可以在印刷机工作状态下,进行更换版辊、清洗版辊、更换油墨等操作,而且印刷前的初期套准非常快,传统的有轴传动采用丝杠走位办法,速度较慢^[4]。

5) 简化了机械结构,走料路线缩短。由于取消了套色调整辊机构,使得走料路线缩短^[4]。

6) 机组更加独立,有利于模块化。单机组可独立试车,缩短了制造周期。

2 无轴传动技术中电机的控制方法

无轴传动同步控制的主要对象是电动机,电动机一般采用交流电机,同步和异步的都有。主要控制参数是电流、位移(相位)和速度,无轴传动技术的基本原理是同步驱动技术,通过该同步驱动技术,才得以实现电子虚拟轴,使得各部分电机同时运转,且严格控制它们的转速、相位等。同步驱动技术的核心是同步驱动控制器(SDC),SDC计算所有驱动装置的设定值,并控制驱动装置作时间同步旋转,指定值通过现场总线系统,从SDC分配到各个电机驱动控制器。SDC与各个电机驱动器进行不间断地信息与数据的交换,为电机驱动器提供参数,从而得以控制电动机的转速、加速度、位置等,实现多台电机的同步驱动^[5]。传统的PID反馈控制在无轴传动技术中是最基本的电机驱动控制器的控制策略。在自动控制系统中,PID控制是一种最基本、应用最广泛的控制规律,它结构简单,使用方便,鲁棒性强^[6]。尤其是在被控对象不易获得精确的数学模型、系统参数经常发生变化的情况下,采用PID控制,根据经验进行在线整定,可获得预期的控制效果。但也应看到,实际的传动系统并不如模型那样一成不变,电机起制动频繁,即输入经常切换,负载波动时有出现,系统的参数由于温升、磨

损等原因也在缓慢变化。在无轴传动系统的电机控制过程中,必须较全面地考虑结构与参数的变化、各种非线性的影响、运行环境的改变、环境干扰的时变特性等不确定性因素,以及电动机本身参数随环境条件的变化等。这些因素导致了整个多机系统的不协调,使得线性的常参数的PID调节器常常顾此失彼,不能使系统在各种情况下都保持设计时的性能指标,即传统的PID控制器很难满足精度高、反应快和鲁棒性好的要求。

为了保证印刷机各个单元运转的速度和位置实现同步,对于无轴传动中伺服电机的控制尤为重要。由于被控对象电动机具有多变量、强耦合、系统参数时变及系统结构非线性与不确定性等特点,难以建立其精确的数学模型,传统的PID控制策略已不能满足要求,为了提供交流电动机高精度的控制方法,国内外许多学者在这一领域进行了大量的研究,新方法新技术不断涌现,智能控制就是近年来发展起来的一门新兴学科,智能控制可以充分利用其非线性、变结构、自寻优等各种功能,来克服电气传动系统中的变参数与非线性因素。智能控制的主要方法有模糊控制、神经网络控制、变结构控制、自适应控制及专家系统控制等。本文主要对变结构控制、模糊控制、神经网络控制及其复合控制的特点和发展动态作了适当的分析和说明。

2.1 滑模变结构控制

滑模变结构控制作为一种非线性控制,与常规控制的根本区别在于控制的不连续性。它利用一种特殊的滑模控制方式,强迫系统的状态变量沿着人为规定的相轨迹滑到期望点。由于给定的相轨迹与控制对象参数以及外部干扰变化无关,因而在滑模面上运动时系统具有比鲁棒性更加优越的不变性。加之滑模变结构控制算法简单,易于工程实现,从而为复杂工业控制问题提供了一种较好的解决途径^[7]。对于含有未建模动态的非线性系统,变结构控制是一种控制的综合方法,对扰动和未建模动态具有很强的鲁棒性^[8]。由于解决了非线性系统的无法精确建模问题,变结构控制在工业各领域都得到了广泛的应用。但是变结构控制有两个缺点:①要求知道系统的数学模型,依靠数学模型才能求出等效控制;②抖振问题。这两个问题给变结构控制在实际中的应用带来很大的困难。

在无轴传动印刷机的交流伺服系统中,交流电机是一个多变量、强耦合、非线性、变参数的复杂对象,因此,采用常规的PID控制,其抗干扰和抗参数摄动的鲁棒性不够理想,难以得到满意的调速和定位性能。而变结构控制与传统控制相比,对系统数学模型的精确性要求不高,对于系统的不确定参数、变化参数、数学描述的不准确性及外界环境的扰动等具有完

全自适应性,能大大改善系统的调速和定位性能,加快了系统的响应速度,提高了控制精度,增强了系统的鲁棒性和抗干扰能力,其性能明显优于传统的PID控制。相信变结构控制定会在无轴传动印刷机的交流伺服电机控制系统中得到广泛的应用。

2.2 模糊控制

模糊控制是在一些控制对象无法确定的情况下,利用操作人员的经验,以模糊数学为工具加以量化描述,并按照模糊控制规则实施控制。它避开了建立数学模型与复杂系统的矛盾,只要获得丰富的人工控制经验,应用模糊理论和计算机技术,就可对没有准确的数学模型或数学模型极其复杂,一般控制理论不能进行有效控制的系统加以控制^[9]。但模糊控制有一个致命的缺点是存在“抖振”问题。

由于模糊控制是智能控制中最为简单、最具实际意义的控制方法,因而在交流调速系统中得到了广泛的应用^[10]。将模糊控制应用于无轴传动交流电动机的矢量控制中,可以很好地克服传统矢量控制方法所带来的诸如非线性、参数变化等对系统性能影响过大的缺点,使系统具有较强的鲁棒性。模糊控制在速度控制中一般处于最外环,而内环仍保留矢量控制、滑模解耦控制等传统控制方法。用模糊控制器代替常规PID控制器,在参数变化、负载扰动情况下仍可得到快速、强鲁棒性的控制。与传统的PID控制相比,模糊控制器具有更小的超调量和更强的抗干扰性能。

2.3 神经网络控制

神经网络模拟人脑的信息处理方式,有并行处理、分布储存信息、容错能力和在线或离线方式进行自学习和自组织的能力,具有非线性、非局域性、非定常性等特点,用于控制时可以不依赖控制对象的数学模型,为了实现对交流电机的快速和精确控制,采用人工神经网络速度控制器,并加入在线辨识补偿技术,既可提高神经网络速度控制器的实时性,又可增强整个系统的鲁棒性,还可有效地克服负载转矩变化、转动惯量变化、粘滞摩擦系数变化等带来的不良影响,从而实现高性能的速度控制^[11]。

用人工神经网络控制器代替传统的PID或PI控制器,是人工神经网络在控制领域中的主要应用之一,这种神经元构成的控制器充分利用神经元的自学习功能,在运行中根据被控对象特性的变化,对神经元的权重值进行在线调整,使得整个控制器能得到自适应PID控制的特性^[12]。将神经网络应用于无轴传动交流电机的控制,可以充分发挥其自学习能力强、非线性建模方便和鲁棒性强的优点。采用神经网络对电机参数中非线性参数进行在线辨识和检测,可以使系统的性能在各个方面得到全面改善,尤其是对提高系统的动态性能和稳定性能等方面具有非常大的优越性。神

神经网络所具有的自学习功能, 为它在转速突变、参数不稳定情况下的控制性能的有效改善, 提供了理论基础。采用神经网络的各种先进算法和科学控制策略的应用, 为无轴传动电机控制系统的性能向更高要求发展提供了技术手段。人工神经网络在交流传动控制中的应用成为当前的热点研究领域。

2.4 发展展望

滑模变结构控制响应速度快, 对系统的参数和外部干扰呈不变性, 可保证系统是渐近稳定的。尤其可贵的是其算法简单, 易于工程实现。其缺点是存在抖动和需要知道不确定参数的上下界等问题。如何消除抖动而又不失其强鲁棒性, 仍是变结构实际应用时必须解决的首要问题。模糊控制无需建立数学模型, 控制的机理符合人们对过程控制作用的直观描述和逻辑思维。其缺点是设计缺乏系统性, 控制规则的选择多采用试凑法, 且收敛性证明困难^[13]。神经网络具有较强的自学习能力, 可以充分逼近任意复杂的非线性。其缺点是稳定性及收敛性证明困难, 学习速度较慢, 难以控制较复杂的对象^[13]。

由此可见, 变结构控制、模糊控制和神经网络控制相互之间具有很强的互补性。根据其各自的控制特点, 我们可利用模糊逻辑的推理能力, 神经网络的自学习能力和滑模变结构的快速性, 进行多种控制方式的融合, 实现无轴传动中电机控制参数位移(相位)和速度的复合控制, 必将得到较为理想的控制效果, 使印刷机运转更加平稳, 大大提高无轴传动印刷机的印刷套印精度。

3 总结

总之, 无轴传动技术具有自己独特的优点, 将滑模变结构、模糊控制和神经网络控制融合的复合控制

应用在无轴传动中, 必将提高控制的精度和同步性, 定会使得印刷机运转更加高速、高效、高质。我们相信, 融入复合智能控制电机驱动技术的无轴传动技术, 定会使我我国印刷业有一个飞速的发展!

参考文献:

- [1] 唐苏亚. 无轴传动技术在凹版印刷机中的应用[J]. 微电机, 2006, 39(5): 69-74.
- [2] 万客化工在线. 无轴传动印刷机的新技术[EB/OL]. [2006-09-04]. http://www.wcoat.com/info/info_106046.html.
- [3] 谢松县. 凹版印刷机无轴套色控制系统研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2003.
- [4] 中国印刷业网. 新技术带来凹版印刷机的革命[EB/OL]. [2007-01-08]. <http://press.qx100.com/html/200701/200718102956741.shtml>.
- [5] 李峰. 无轴传动技术在印刷机中的应用研究[D]. 济南: 山东大学, 2006.
- [6] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [7] 张昌凡, 王耀南. 滑模变结构的智能控制及其应用[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(3): 27-29.
- [8] 吴磊, 陈红坤. 智能变结构控制方法综述及其应用[J]. 控制工程, 2003, 10(S₀): 5-7.
- [9] 刘伟. 智能控制理论在电力电子学中的应用[J]. 江苏技术师范学院学报, 2006, 12(4): 60-62.
- [10] 王莉, 王润孝, 彭传彪. 智能控制在交流调速中的应用[J]. 微特电机, 2006(5): 40-42.
- [11] 马宪民. 用神经网络进行异步电机转速的辨识和估计[J]. 微电机, 2000, 33(5): 16-18.
- [12] 徐小增, 秦忆. 人工神经网络在交流传动控制中的应用[J]. 电机电器技术, 2003(1): 38-40.
- [13] 张昌凡. 滑模变结构控制研究综述[J]. 株洲工学院学报, 2004, 18(3): 1-5.