

基于西门子 611D 的力矩电机控制技术

Control Technique of Torque Motor Based on SIEMENS 611D

北京航空制造工程研究所 饶媛洁 魏 芳

[摘要] 简要介绍了力矩电机在航空制造设备的应用及控制技术要求。着重介绍了基于西门子 611D 全数字伺服控制下,力矩电机驱动参数的配置及速度环、位置环的优化,为力矩电机的控制技术应用提供了实践基础。

关键词: 力矩电机 数字伺服控制 参数配置及优化

[ABSTRACT] The application of the torque motor in the aviation manufacture equipment as well as the control technology are introduced briefly. The parameter configuration and optimization of the speed loop and the position loop under SIEMENS 611D all-digital servo system are emphasized. The practice for the application of the torque motor is presented.

Keywords: Torque motor Digital servo control Parameter configuration and optimization

近年来,直接驱动技术在国际上发展很快,因其传动系刚性好,无传动间隙、无磨损和可用性高等诸多优点,在航空制造业和高速加工中心设备等领域的应用越来越广泛。直接驱动技术最典型的应用就是电主轴、力矩电机和直线电机。目前许多专业的制造厂家对直驱产品进行专业化生产,如力矩电机有西门子 1FW6(无框)、1FW3(有框)系列,Phase TK 系列和博世力士乐 IndraDyn T 系列等。FOREST-LINE 公司将力矩电机应用到航空制造设备新型 AB 摆角铣头设计中;INGERSOLL 公司的五坐标 POWERMILL 机床上选用了

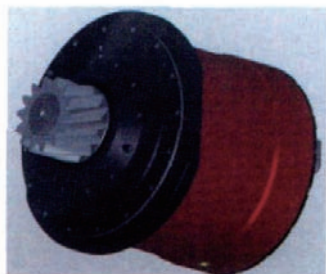


图1 PHASE TK 力矩电机
Fig.1 PHASE TK torque motor

PHASE TK 系列的力矩电机(图 1)用于 X 轴、Y 轴、C 摆和主轴的驱动。

力矩电机的应用,提高了设备响应速度、结构刚性和加工精度。目前国内采用力矩电机的产品还不多,由于其构造和原理比较特殊,因此在考虑电机防护等级、热敏保护及循环冷却等问题的同时,尤其需要通过反复的研究和实验对电机的选型、控制方法及驱动参数的配置等相关的控制技术加以验证和优化。

1 力矩电机的构成和优点

本项目选用了西门子 1FW6090 力矩电机(图 2)用于机床 A 摆的驱动,采用西门子 840D power line、611D

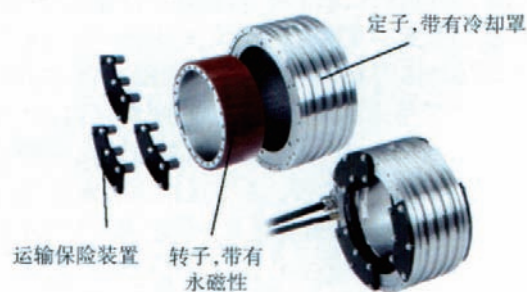


图2 西门子1FW6090力矩电机组成
Fig.2 SIEMENS 1FW6090 torque motor's structure

全数字伺服控制器以保证整机的可靠性和稳定性。

西门子 1FW6090 力矩电机为无框架式水冷永磁三相同步电动机,带有空心轴转子和很多磁极对数。完整的电机组装是由定子、转子、冷却外壳、轴承、电机编码器和位置编码器构成。选用此力矩电机的优势在于:

(1) 为负载提供了大转矩。

(2) 零间隙、高精度。因为直接驱动没有中间机械传动环节,不存在中间机械环节的传动间隙,所以提高了设备的精度。

(3) 极好的伺服性能。由于直接驱动具有零间隙、高刚度,伺服环(速度环、位置环)可有较高的闭环带宽。高带宽使系统有较快的响应速度和抗负载扰动能力。

(4) 紧凑、坚实的外形。无框架力矩电机是机器的一部分,使机器的外形更加美观。

2 驱动控制器的参数配置

2.1 西门子 611D 闭环控制原理

西门子 SIMODRIVE 611D 闭环控制框图如图 3 所示,驱动部分有三个控制器:电流控制器、速度控制器和位置控制器。三个控制器分别构成三个调节环:电

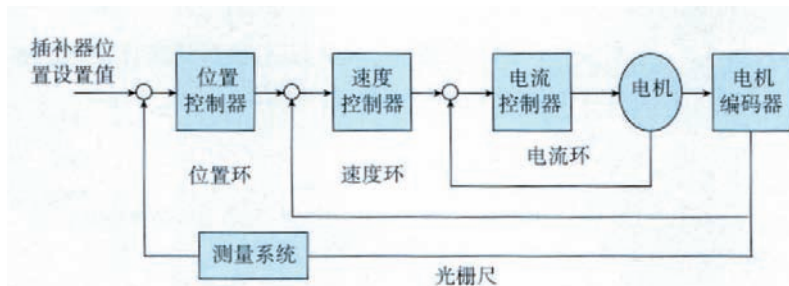


图3 闭环控制框图
Fig.3 Diagram of closed-loop control

流环、速度环和位置环。三个调节环之间的关系是前一级优化结果对后一级有影响:电流环影响速度环,速度环影响位置环。电流环是为电机提供转矩的电路,一般情况下它与电机的匹配调节已由制造者做好了或者指定了相应的匹配参数,其反馈信号在伺服系统内联接完成,因此不需要接线和调整。速度环是控制电机转速即坐标轴运行速度的电路。速度调节器是比例积分(PI)调节器,其P、I调整值完全取决于所驱动坐标轴的负载大小和机械传动系统(导轨、传动机构)的传动刚度与传动间隙等机械特性。位置环是控制坐标轴按指令位置精确定位的控制环节。位置环最终影响坐标轴的位置精度和工作精度。这其中有两方面的因素:一是位置测量元件的精度与CNC系统脉冲当量的匹配问题。测量元件单位移动距离发出的脉冲数目经过外部倍频电路和内部倍频系数的倍频后要与数控系统规定的分辨率相符;二是位置环增益系数 K_V 值的正确设定与调节。在速度环最佳化调节后, K_V 值的设定成为反映机床性能好坏、影响最终精度的重要因素, K_V 值是机床运动坐标自身性能优劣的直接表现,不可以任意放大。关于 K_V 值的设置还需注意的问题是要满足公式 $K_V=v/\Delta$,式中 v 为坐标运行速度(m/min), Δ 为跟踪误差(mm)。

2.2 驱动参数的配置

(1)配置驱动:选择驱动类型SRM,根据订货号选择功率模块。

(2)修改轴数据:如MD30130(设定轴指令端口),MD30240(设定轴反馈端口)等。

(3)选择电机:根据订货号选择电机。

(4)选择测量系统:根据实际使用光栅尺选择转子位置识别方式,必须进行转子位置识别,确定速度实际

值是否取反,输入光栅尺的栅距。

(5)电机温度监控:如果没有选择外部编码器SME92模块,可设置MD1608=80(任意值)取消电机温度监控,在硬件连接中将力矩电机中PTC温度检测通过温度控制继电器(3RN1013-1GW10)转化为开关量信号输入到PLC中,通过程序控制以防止电机温度过高。

如果有SME92模块,温度监控可直接进入驱动系统内部,通过系统自动控制。

(6)为了调试安全,暂时限制电机电流,将MD1105设为25%。

(7)设置参数MD1075(电机+增量光栅):MD1075=1是基于感应的位置识别算法;MD1075=3是基于运动的位置识别算法。存储驱动启动文件,NCK复位,然后根据使用的测量系统调试。

(8)设置MD1017=1启动测试,在手动模式下移动轴使其通过零点,转子位置差别会自动存放到MD1016。此时会出现报警300799,保存参数并NCK复位。

(9)检查轴运动方向,如不对,则改参数MD32100。

(10)回参考点。

(11)设置软限位。

3 优化驱动

3.1 电流环的优化

如果是西门子驱动加西门子电机,电流环通常不需要优化。

3.2 速度环的优化

优化速度环就是为了得到最大的速度环增益(K_P)和最小的速度环积分时间(T_n),但在增加 K_P 和减小 T_n 时会引起机床共振,这就需要增加电流滤波器来削弱机床共振。优化速度环必须将速度环滤波器关闭,即设定MD1500=0。系统在选定电机后,就会默认添加一个低通滤波器。所以我们在添加滤波器时应该从滤波器2开始,一般为带阻滤波器,并尽可能少地使用滤波器数量。

调整 K_P 。将 T_n 加大到150ms,关闭积分时间。增加 K_P 值使电机啸叫后适当减小 K_P 值,进行“参考频率响应”测试,找到极点加入电流环滤波器1200,使幅频特性波形低于0dB,反复调整测试直到接近或大于 $K_P \approx 1200 \times$ 电机惯量 $=1200 \times$ MD1117。如果速度环循环时间是 $125\mu s$, $K_P \approx 2000 \times$ 电机惯量 $=2000 \times$ MD1117。如果速度环循环时间是 $62.5\mu s$,为了保证系统的安全性,可将最大可能达到的值减小10%。

速度设定点阶跃响应:用于检查速度环增益

(MD1407),采用阶跃改变信号测试,记录 T_n 值设为 0。

调整 T_n 。减小 T_n 至 20~2ms 范围内,进行“参考频率响应”测试,使幅频特性波形低于 3dB,反复调整测试直到最小。

速度干扰阶跃响应:用于检查速度环积分时间(MD1409)。

速度环频率响应如图 4 所示,速度环的最佳调节应该在位置环开环条件下,测量元件的安装情况影响位置环的精度,不可轻视。

3.3 位置环的优化

MD32200、MD32431 最大值取决于机械的自然频率。MD32200 使用位置环频响特性测试找到极点加入速度环滤波器 1500,增加 K_V 值且保证其在整个频率范围内小于 0dB。

对于插补轴必须设定相同的 K_V 值,即依照最差轴为准。此外,本项目还引入了前馈控制技术。前馈控制与反馈控制相反,它是将指令值取出部分预加到后面的

调节电路,其主要作用是减小跟踪误差、提高动态响应特性从而提高位置控制精度。前馈控制的加入必须是在上述三个控制环均最佳调试完毕后方可进行,且各联动坐标轴的 K_V 值必须相同,以保证合成运动时的精度。

位置环频率响应如图 5 所示:位置环设定点阶越、位置环干扰阶跃。图 6 为伺服定位曲线图。

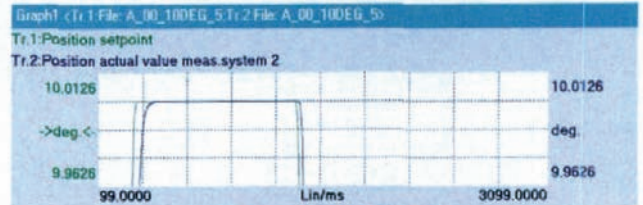


图6 伺服定位曲线图

Fig.6 Servo position curves

注:横坐标表示时间,纵坐标表示伺服定位。

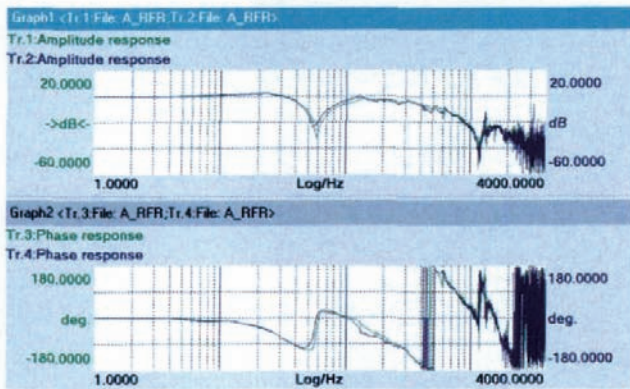


图4 速度环频率响应曲线图

Fig.4 Curves of frequency response to speed loop

注: Graph 1 的横坐标表示频率的对数,纵坐标表示振幅。
Graph 2 的横坐标表示频率的对数,纵坐标表示相位。

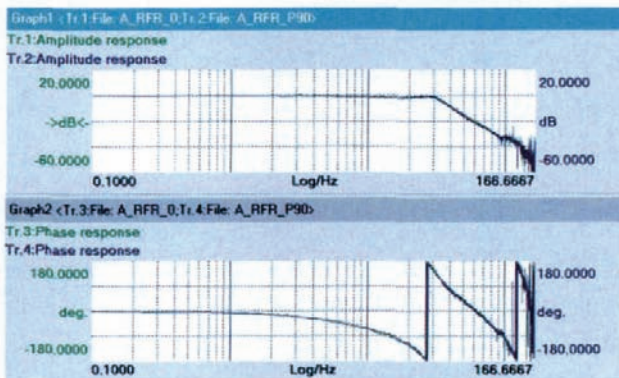


图5 位置环频率响应曲线图

Fig.5 Curves of frequency response to position loop

注: Graph 1 的横坐标表示频率的对数,纵坐标表示振幅。
Graph 2 的横坐标表示频率的对数,纵坐标表示相位。

4 结束语

将力矩电机应用于机床 A 摆的驱动,取消了传统齿轮传动机构,没有中间机械环节的传动间隙和柔性问题;通过驱动参数的配置及优化,提高了机床加工精度和响应速度。本方法的提出为力矩电机在今后机床的广泛应用提供了理论和实践基础。

参考文献

- [1] Powermill h22 series maintenance manual.INGERSOLL Machine Tools.2010.
- [2] 杨克冲,陈吉红,郑小年.数控机床电气控制.武汉:华中科技大学出版社,2008.
- [3] 高峰,王清标.SINUMERIK 840D 数字驱动伺服 611D 参数分析与优化.机床电器,2006.
- [4] 汤立民,宋智勇.航空数控加工机床发展方向及其关键技术.航空制造技术,2010.

(责编 飞翔)

(上接第 113 页)

具数据表,图 6 (b) 为更后前刀具数据表,机床刀具表的刷新则表示机床换刀动作基本完成。

3 结束语

加工中心的商品化,改变了传统的专业生产方式,对于一次装夹的工件,完成铣钻、镗、扩、铰、攻丝等加工工序。在充分准备好刀具辅助的条件下,加工中心就能够充分发挥其高速高效、高精度的特点,从而降低生产成本,提高零件加工质量。在生产的过程中提高生产率和设备使用率,缩减生产成本,获取最大经济效益。

(责编 侧卫)