

SIMOTION 在数字化对接系统中的多轴同步控制应用

Application of SIMOTION in Multi-Axis Synchronization Control of Digital Butt System

北京航空制造工程研究所 张 杨 高明辉

[摘要] 针对数字化对接系统,基于运动控制系统 SIMOTION 提出了虚拟轴的方法,实现多轴同步控制,开发了 SIMOTION 控制接口软件,实现数据和指令的可靠传输。数字化对接系统中的试验结果验证了多轴同步控制方法的有效性。

关键词: 运动控制 多轴同步 数字化对接

[ABSTRACT] Aimed at the digital butt system, virtual axis method based on motion control system SIMOTION is presented to implement multi-axis synchronization control, and software interface is developed to transfer data and command reliably. Experiment results of digital butt system validate multi-axis synchronization control method proposed.

Keywords: Motion control Multi-axis synchronization Digital butt

飞机装配正在从传统的手工、固定式装配向数字化、柔性装配发展。现代大型飞机对大部件装配提出了较高的要求,一些传统的装配手段已经不能满足装配精度的要求。

部件的数字化对接是飞机柔性装配中的一个关键问题。数字化对接系统具有自动化、高精度和高效率等特点,在国外应用较多,近年来国内也逐渐开始应用。数字化对接系统是根据部件位姿调节算法规划的路径,转换为数控定位器的坐标位移,对部件姿态进行调节,最终使部件位姿与目标位姿吻合,实现部件的数字化对接。数字化对接系统对数控定位器的多轴同步控制的同步性具有较高要求,同步性的好坏将直接影响对接部件的形变和对接姿态的正确性。

数字化对接系统需要精确的电机伺服控制系统来保证对接的精度。在运动控制领域,一般的电机驱动器只提供丰富的运动控制功能,逻辑控制和复杂运算功能相当弱;而一般的 PLC 虽提供了全面的逻辑控制功能,但很难具备运动控制的全部功能。传统的应用方式是将 PLC 和伺服控制器配合使用,但这样做存在高速数据传输、数据同步和精确控制等方面的问题。西门子公司的新一代运动控制平台 SIMOTION 本身集成了逻辑

控制与运动控制功能,主要应用于控制要求复杂、控制速度快和要求精确运动的领域中。

本课题介绍了西门子 SIMOTION 运动控制系统在数字化对接系统中多轴同步控制上的应用,同时给出了数字化对接系统中 SIMOTION 多轴同步控制和 SIMOTION 与上位机控制接口软件的实现方法。

1 多轴同步系统结构

针对不同的部件,数字化对接系统可由 4 个或更多个数控定位器组成。每个数控定位器有 3 个驱动轴,可以实现 3 个坐标方向的运动,待对接部件固定于数控定位器上,通过多个数控定位器的同步调整,实现对整个部件的位姿调节,最终实现部件的对接。

电气控制系统结构如图 1 所示。

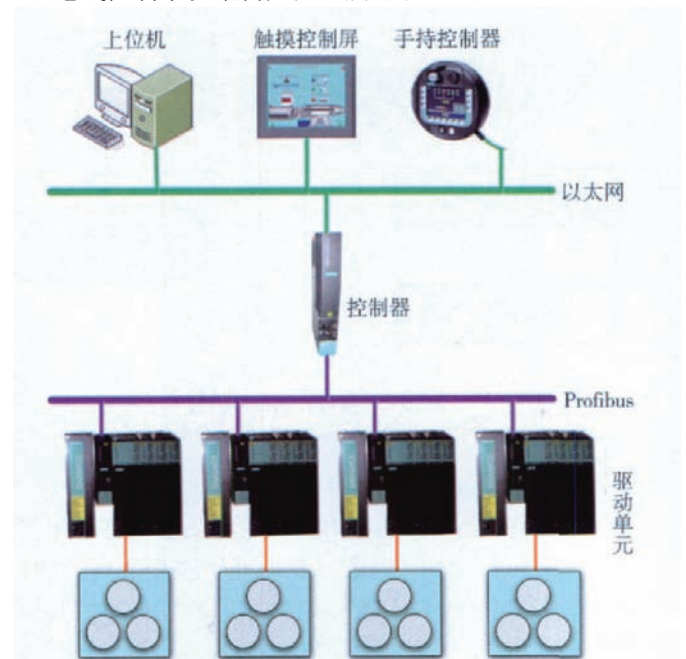


图1 电气系统结构图
Fig.1 Structure of electrical system

通过上位机算法将部件姿态的变化转换为数控定位器各个坐标轴的运动数据,通过以太网将数据传输至 SIMOTION 运动控制系统, SIMOTION 执行运动控制程序,多轴同步运动实现规划路径和姿态的调整。

2 多轴同步控制实现方法

SIMOTION 多轴同步控制的实现主要包括 2 个方面：底层 SIMOTION 同步运动控制和 SIMOTION 与上位机的控制接口软件实现。

2.1 SIMOTION 同步运动控制实现

SIMOTION 的同步运动模式分为电子齿轮(GEAR)和电子凸轮(CAM), GEAR 模式是实现主轴(Master)和从轴(Slave)的线性传递函数关系, CAM 是实现 Master 和 Slave 的非线性传递函数关系。

在数字化对接系统中采用虚拟轴方法实现多个伺服轴的同步运动。定义一个匀速运动的虚轴为主轴, 定义数控定位器的伺服轴作为从轴, 从轴(伺服轴)和主轴(虚轴)耦合, 跟随主轴运动, 实现从轴的多轴同步运动。由于从轴跟随主轴运动必然存在跟随误差, 采用虚拟轴为主轴其他伺服轴跟随主轴运动的方式可以抵消部分跟随误差, 实现更好的同步性。实现原理图 2 所示。

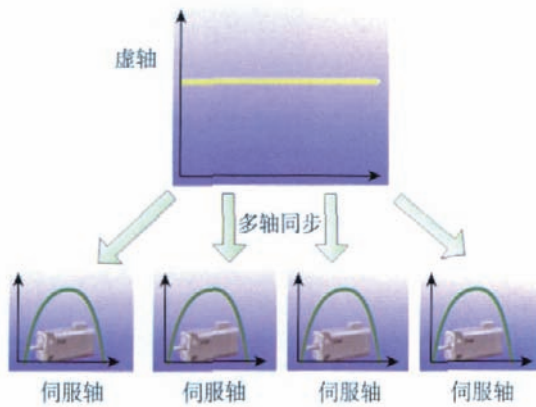


图2 多轴同步原理

Fig.2 Principle of multi-axis synchronization

2.2 SIMOTION 与上位机控制接口软件的实现

在多轴同步控制中, SIMOTION 必须可靠、快速地接收上位机发送的多轴运动参数数据和运动控制指令, 完成多轴同步控制, 这就需要通过实现 SIMOTION 与上位机的控制接口软件。SIMOTION 支持 Profibus、TCP/IP、OPC、RS232 等多种通信协议, 在多轴同步控制系统中, 选用了基于以太网的 TCP/IP 协议完成控制接口的实现, 虽开发稍为复杂, 但具有以下 3 个优点:

(1) 控制灵活、开放性好。基于标准的 TCP 底层 Socket 进行通信, 上位机可以使用标准语言(如 C、C++) 进行开发和通信, 自定义应用层协议, 能灵活、高性能地实现更多复杂功能, 能够连接自主开发的手持操作器。

(2) 通信速度快。物理介质为 100M 或 1000M 以太网, 网络负载小, 通信速度比其他几种物理介质快。

(3) 稳定性好。基于 TCP 协议的 Socket 可以保证数据传输的可靠性, 具有校验和出错重发功能。

SIMOTION 与上位机软件的控制接口实现如图 3 所示。

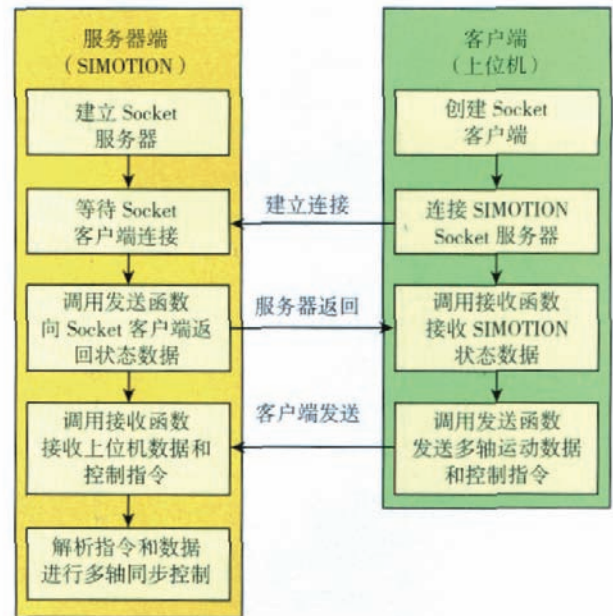


图3 SIMOTION接口软件流程

Fig.3 Flowchart of software interface of SIMOTION

SIMOTION 中建立 Socket 服务器端, 上位机客户端与 SIMOTION 进行连接后发送控制命令和运动参数数据, SIMOTION 完成多轴 CAM 曲线的生成以及多轴同步运动控制, 并向上位机反馈相应的运动状态和参数。

3 多轴同步控制精度验证

为了验证 SIMOTION 在数字化对接系统中同步控制的有效性和精度, 进行如下试验: 用 4 台三坐标数控定位器与对接部件连接, 上位机软件通过算法进行规划, 使对接部件沿对接部件的坐标 Y 向平动。SIMOTION 按照给定数据进行多轴同步运动控制, 抓取伺服轴实际运动的位移曲线和速度曲线, 分析多轴同步控制的有效性和精度。试验原理如图 4 所示。试验参

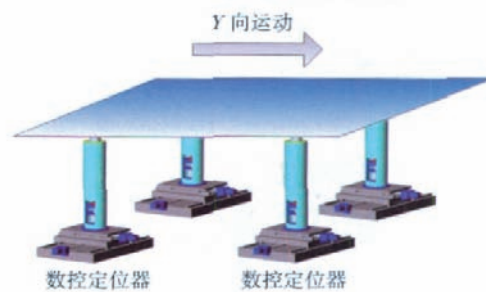


图4 多轴同步实验示意图

Fig.4 Diagram of multi-axis synchronization experiment

数如表 1 所示。

表1 多轴同步控制试验参数表

试验参数	数值
同步运动位移	对接部件的坐标Y正向50mm
同步运动速度	匀速段 1.62mm/s
速度曲线类型	梯形曲线
位移和速度曲线采样时间	最小间隔为 3ms
电机反馈	光栅尺(分辨率 0.005mm)
抓取软件	SCOUT V4.2 Trace 模块

对接部件沿 Y 向平动,分析 4 个定位器的 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 轴。伺服轴实际值与设定值的位移跟随曲线和速度跟随曲线分别如图 5、图 6 所示,4 个伺服轴曲线类似,只给出 Y_1 的曲线。

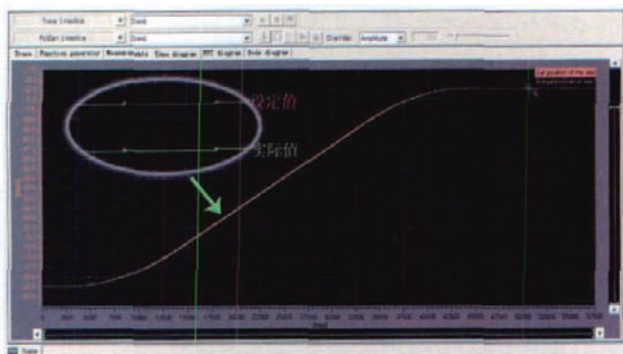


图5 位移设定值与实际值比较曲线

Fig.5 Comparison curve of position setting value and actual value

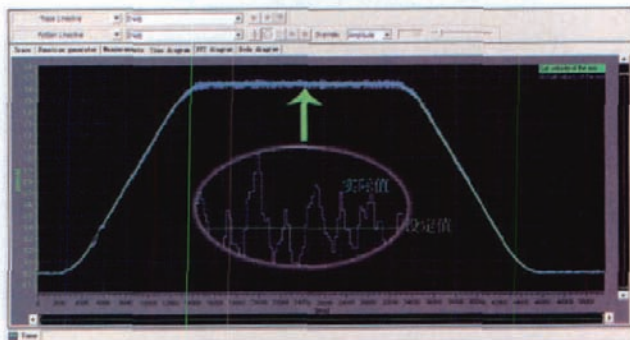


图6 速度设定值与实际值比较曲线

Fig.6 Comparison curve of speed setting value and actual value

多轴同步运动的位移曲线和速度曲线如图 7 和图 8 所示。

根据试验获取的曲线,分析得到多轴同步误差如表 2 所示。

由表 2 可知,应用虚拟轴方法后,位移的最大同步误差比单轴的跟随误差小,速度的最大同步误差与单轴

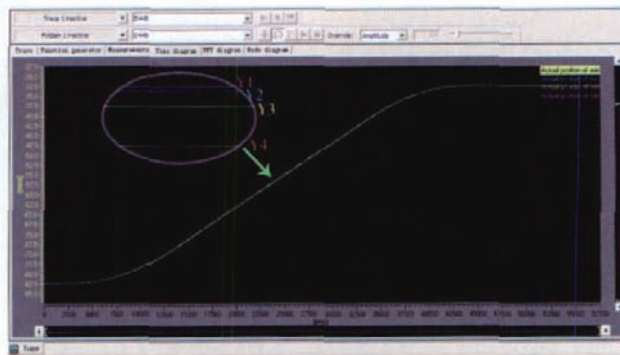


图7 多轴同步位移曲线

Fig.7 Displacement curve of multi-axis synchronization

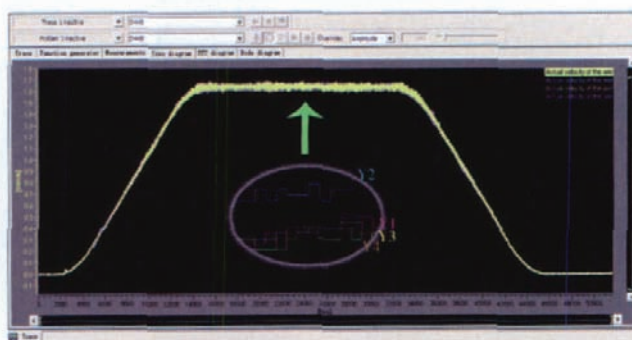


图8 多轴同步速度曲线

Fig.8 Speed curve of multi-axis synchronization

表2 多轴同步误差表

伺服轴编号	位移最大跟随误差 /mm	位移最大同步误差 /mm	速度最大跟随误差 /mm · s ⁻¹	速度最大同步误差 /mm · s ⁻¹
Y_1	0.17	0.01	0.04	0.05
Y_2	0.17		0.05	
Y_3	0.18		0.05	
Y_4	0.18		0.05	

的跟随误差相差不多,但整体多轴同步控制具有较高的同步精度。

4 结束语

本试验阐述了 SIMOTION 在数字化对接系统中多轴同步控制应用的关键问题,试验验证了基于虚拟轴方法的多轴同步控制的正确性和有效性,为数字化对接系统提供了一种多轴同步控制的有效方法,同时此方法也可应用于其他轴数较多、对同步控制要求较高的控制系统。

(责编 小城)