



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102354124 A

(43) 申请公布日 2012.02.15

(21) 申请号 201110257455.8

(22) 申请日 2011.09.02

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 胡君 吴伟平 曹小涛 王栋
李光鑫

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务
所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

G05B 17/02 (2006.01)

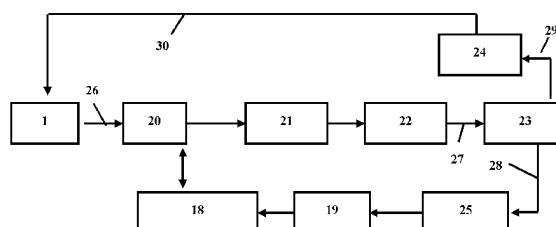
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法

(57) 摘要

一种多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法,涉及工业自动化领域,本发明实现可自动协助设计人员分析各通道各轴向控制系统的工作状态及相互间协调关系和性能指标,给出复杂运动控制系统全面准确的仿真分析数据和测试结果。本方法由高速计算机系统、电子负载电路、多路实时信号采集电路、高速传输电路、FPGA 控制分析电路、串口通讯电路和高速计算机组成仿真测试系统。运动控制信号经过电子负载电路和多路实时信号采集电路进入 FPGA 控制分析电路形成控制信息后通过高速传输电路发送给高速计算机,高速计算机通过对控制信息的分析得到各运动轴间的工作时序、速度匹配和工作状态。本发明为多轴运动控制系统提供高效准确的测试手段。



1. 一种多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法,其特征是,该方法由以下步骤实现,

步骤一、将多轴多通道联动运动控制系统动态仿真测试系统(2)的电子负载接口(4)和仿真测试闭环串行通讯电路接口(6)分别与多轴多通道联动运动控制系统(1)的输出端(3)和信号回馈端(5)连接;

步骤二、多轴多通联动运动控制系统(1)输出运动控制信号经多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统(2)的电子负载接口(4)传送至电子负载电路,多路实时信号采集电路对经过电子负载电路的运动控制信号进行采集,获得数字化的运动控制信号;

步骤三、多路实时信号采集电路将步骤二获得的数字运动控制信号传送至FPGA控制分析电路(23),所述FPGA控制分析电路(23)获得多轴多通道联动运动控制系统(1)的控制信息,并将所述控制信息打包后通过高速传输电路(25)传送至高速计算机(18);

步骤四、高速计算机(18)对步骤三获得打包的控制信息进行逻辑分析,确定多轴多通道联动运动控制系统(1)的编码器信息、各个轴间的协调工作时序、速度匹配和工作状态信息,然后对控制信息进行显示、记录和存储;并实时监测多轴多通道联动运动控制系统(1)各个通道的工作状态。

2. 根据权利要求1所述的一种多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法,其特征在于,在步骤四之后还包括步骤五、当多轴多通道联动运动控制系统(1)需要进行闭环动态仿真测试时,在高速计算机(18)的控制下,FPGA控制分析电路(23)将计算出的编码器信息、各轴间的协调工作时序、速度匹配和工作状态信息打包成反馈数据包后传送至多轴多通道联动运动控制系统(1)进行闭环仿真监测。

3. 根据权利要求1或2所述的一种多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法,其特征在于,步骤三所述的获得多轴多通道联动运动控制系统(1)的控制信息,所述控制信息包括多轴多通道联动运动控制系统的脉冲数、幅值、频率或者相位信息。

4. 根据权利要求1或2所述的一种多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法,其特征在于,在步骤二之前还包括通过多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统(2)中的高速计算机(18)将动态仿真测试过程中需要的多轴多通联动运动控制系统(1)的预值、工作参数和任务限定的信息发送给FPGA控制分析电路(23),并配置电子负载电路的参数信息。

一种多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工业自动化领域,具体涉及对多轴或多通道运动控制系统的动态仿真检测技术。

背景技术

[0002] 运动控制技术已经成为制造业数字化、工业现代化和生产过程自动化产业的主体,是推动新的工业技术革命的关键技术。对运动控制的仿真检测多采用数学仿真,物理仿真,半实物仿真等几种方式。数学仿真是以数学方程式相似为基础的仿真方法,它是用数学式来表示被仿真的对象。在计算机上对系统的数学模型进行试验的技术,又称计算机仿真。物理仿真即建造与实际动力学准则相似而缩尺的模型设备,装上真实的运动控制器,在接近真实的条件下进行运动控制试验。半实物仿真是将控制器(实物)与在计算机上实现的控制对象的仿真模型(见数学仿真)联接在一起进行试验的技术。在这种试验中,控制器的动态特性、静态特性和非线性因素等都能真实地反映出来,因此它是一种更接近实际的仿真试验技术。这种仿真技术可用于修改控制器设计(即在控制器尚未安装到真实系统中之前,通过半实物仿真来验证控制器的设计性能,若系统性能指标不满足设计要求,则可调整控制器的参数,或修改控制器的设计),同时也广泛用于产品的修改定型、产品改型和出厂检验等方面。本发明即属于一种半实物仿真。目前,国内运动控制器的半实物仿真主要集中在船舶制造和飞机制造等领域,如船舶运动控制硬件在环仿真系统及其工作方法,包括船舶运动控制器、船舶运动仿真系统和远程控制与监测系统。各项发明专利均针对具体某一型号的产品或特定领域,通用的针对多轴(通道)联动的运动控制仿真还属首次。

发明内容

[0003] 本发明提供一种多轴多通道联动运动控制动态仿真测试方法,本发明针对多轴多通道联动的运动控制进行动态仿真测试,实现可自动协助设计人员分析各通道各轴向控制系统的工作状态及相互间协调关系和性能指标,给出复杂运动控制系统全面准确的仿真分析数据和测试结果。

[0004] 一种多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法,该方法由以下步骤实现:

[0005] 步骤一、将多轴多通道联动运动控制系统动态仿真测试系统的电子负载接口和仿真测试闭环串行通讯电路接口分别与多轴多通道联动运动控制系统的输出端和信号回馈端连接;

[0006] 步骤二、多轴多通联动运动控制系统输出运动控制信号经多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统的电子负载接口传送至电子负载电路,多路实时信号采集电路对经过电子负载电路的运动控制信号进行采集,获得数字化的运动控制信号;

[0007] 步骤三、多路实时信号采集电路将步骤二获得的数字运动控制信号传送至 FPGA 控制分析电路,所述 FPGA 控制分析电路获得多轴多通道联动运动控制系统的控制信息,并

将所述控制信息打包后通过高速传输电路传送至高速计算机；

[0008] 步骤四、高速计算机对步骤三获得打包的控制信息进行逻辑分析，确定多轴多通道联动运动控制系统的编码器信息、各个轴间的协调工作时序、速度匹配和工作状态信息，然后对控制信息进行显示、记录和存储；并实时监测多轴多通道联动运动控制系统各个通道的工作状态。

[0009] 本发明的工作原理：本发明所述方法首先完成多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统的设计，该系统是由高速计算机系统、电子负载电路、多路实时信号采集电路、高速传输电路、现场可编程门阵列（FPGA）控制分析电路、串口通讯电路和高速计算机组成的仿真测试系统。运动控制信号经过电子负载电路和多路实时信号采集电路，进入 FPGA 控制分析电路形成控制信息，控制信息主要包括控制信号的脉冲数、幅值、频率和相位等信息；通过高速传输电路发送给高速计算机，高速计算机通过对控制信息的分析得到各运动轴间的工作时序、速度匹配和工作状态。

[0010] 本发明的有益效果：

[0011] 一、本发明采用动态仿真测试手段，定量地分析多轴多通道、各轴间的协调工作时序、速度匹配和工作状态等运动控制系统的误差及偏离，为多轴运动控制系统提供高效准确的测试手段。

[0012] 二、当多轴多通道联动运动控制系统出现工作异常时，通过本发明所述的方法，可迅速准确地定位或排除多轴多通道联动运动控制系统中出现的问题，有效地减少排查故障的时间。

附图说明

[0013] 图 1 为本发明所述的多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法中多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统与多轴多通道联动运动控制系统的连接关系示意图；

[0014] 图 2 为本发明所述的多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法中多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统的装置结构图；

[0015] 图 3 为本发明所述的多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法中多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统的电路图；

[0016] 图 4 为本发明所述的多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法的软件模块结构图。

[0017] 图中：1、多轴通道联动运动控制系统，2、多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统，3、输出端，4、电子负载接口，5、信号回馈端，6、仿真测试闭环串行通讯电路接口，7、第一控制箱，8、第一开关，9、第一开关电源，10、第一散热风扇，11、采集板，12、接口板，13、第二控制箱，14、第二开关，15、第二开关电源，16、第二散热风扇，17、负载板，18、高速计算机，19、PCI 板卡，20、电机负载模拟电路，21、分压电路，22、采集电路，23、FPGA 控制分析电路，24、编码器反馈电路，25、高速传输电路，26、电机驱动信号，27、数字化驱动信号，28、电机驱动信息，29、编码器反馈信息，30、反馈通信协议，31、用户，32、控制软件，33、RS422 驱动程序，34、电子负载程序，35、数据板驱动程序，36、PCI 板卡传输程序，37、控制分析程序。

具体实施方式

[0018] 具体实施方式一、结合图 1 至图 4 说明本实施方式,多轴多通道联动运动控制系统的动态仿真测试方法,该方法由以下步骤实现:

[0019] A、将多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统 2 的电子负载接口 4 和仿真测试闭环串行通讯电路接口 6 分别与多轴多通道联动运动控制系统 1 的输出端 3 和信号回馈端 5 进行连接;

[0020] B、对所述多轴通道联动运动控制系统 1 和多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统 2 加电工作;通过高速计算机 18 将本次动态仿真测试任务所需的预值、工作参数和任务限定等信息发送给 FPGA 控制分析电路 23,并对配置电机负载的参数;多轴多通道联动运动控制系统 1 输出运动控制信号经多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统 2 的电子负载接口 4 传送至电子负载电路,多路实时信号采集电路对经过电子负载电路的运动控制信号进行采集,获得数字化的运动控制信号;

[0021] C、在 FPGA 控制分析电路 23 的控制下,通过多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统 2 中的多路实时信号采集电路,同时对经过电子负载电路的控制信号进行采集分析,获取多轴多通道联动运动控制系统 1 的脉冲数、幅值、频率、相位等控制信息,所述多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统 2 可通过对电子负载电路的调整,检测驱动信号的控制能力。

[0022] D、FPGA 控制分析电路 23 将获取的控制信息打包,通过高速传输电路 25,经差分信号高速链路传送给高速计算机中的数据通讯卡,经过 PCI 总线发送到高速计算机 18 中。

[0023] E、高速计算机 18 对获取的控制信号进行逻辑分析,确定多轴多通道联动运动控制系统 1 各个轴之间的工作时序、速度匹配和工作状态等,并对对所有信息和数据进行解析、计算、综合分析,并对多轴多通道联动运动控制系统 1 的控制信息进行显示、记录和存储。

[0024] F、高速计算机 18 实时显示各轴间运动状态和信息数据;在计算机屏幕上以三维立体模型图的方式实时绘制出各轴各通道仿真测试过程的立体动画,同时,实时监测所有通道的工作状态。

[0025] 若因测试需要,重新配置电子负载电路或重新设定多轴多通道联动运动控制动态测试参数,转入步骤 B 通过多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统 2 中的高速计算机 18 以界面交互的方式,重新设置动态仿真测试参数,继续下一轮的仿真测试工作。

[0026] 本实施方式还包括步骤 G、当多轴多通道联动运动控制系统 1 需要进行闭环动态仿真测试时,在高速计算机 18 的控制下, FPGA 控制分析电路 23 将已经计算出的编码器信息、各轴间的协调工作时序和工作状态等信息打包成反馈数据包,通过串口电路和仿真测试闭环串行通讯电路接口反馈给多轴多通道联动运动控制系统 1 进行闭环仿真监测。

[0027] 具体实施方式二、结合图 1 至图 4 说明本实施方式,本实施方式为具体实施方式一的实施例:

[0028] 本实施所述的多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统 2 是对某两轴联动运动控制系统进行了实时的采集和分析,验证了相关的系统模型和实用性;本实施方式采用的两轴运动控制系统均为驱动步进电机,闭环控制采用 RS422 反馈方式。

[0029] 结合图 1 说明本实施方式,本实施方式中系统的连接关系为:将多轴多通道联动

运动控制系统 1 的输出端 3 和信号回馈端 5 分别与多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统 2 的电子负载接口 4 和仿真测试闭环串行通讯电路接口 6 连接；

[0030] 结合图 2 说明本实施方式，多轴多通道联动运动控制动态仿真测试系统主要由两个控制箱、一台高速计算机 18 和一块插在 PCI 插槽内的板卡 19 组成；

[0031] 第一控制箱 7 内设置第一开关 8、第一开关电源 9、第一散热风扇 10、采集板 11 和接口板 12，所述多路实时信号采集电路、FPGA 控制分析电路和串口通讯电路位于采集板 11 上，PCI 板卡主要包括高速传输电路和通用的 PCI 驱动电路。通过第一开关 8（内置有熔断器）控制第一开关电源 9，为第一散热风扇 10 和采集板 11 供电，第一散热风扇 10 的出风口正对采集板 11，接口板 12 主要将电机和编码器的接口转换为采集板 11 的接口，接口板 12 与采集板 11 通过板间连接器连接在一起，所述接口板 12 与采集板 11 在第一控制箱 7 内垂直放置；接口板 12 放置在第一控制箱 7 的前面板内侧，通过在前面板上打孔，将与电机和编码器连接的接口暴露在第一控制箱外。

[0032] 第二控制箱 13 内设置第二开关 14、第二开关电源 15、第二散热风扇 16 和负载板 17，通过第二开关 14（内置有熔断器）控制第二开关电源 15，第二散热风扇 16 的出风口正对负载板 17，负载板 17 主要包括电子负载电路和为降低驱动信号电压至采集电路 22 可接收范围的分压电路 21。

[0033] 结合图 3，多轴多通道联动运动控制系统 1 发出电机驱动信号 26 至电机负载模拟电路 20，经过分压电路 21，采集电路 22 采集分压后的驱动信号形成数字化驱动信号 27，FPGA 控制分析电路 24 对数字化驱动信号 27 进行分析，根据当前仿真电机和编码器的类型，选择电机驱动信息 28 采集模式库中相应的分析程序，从而确定编码器反馈信息 29 和电机驱动信息 28。FPGA 控制分析电路 23 将编码器反馈信息 29 发送至编码器反馈电路 24，编码器反馈电路 24 按照反馈通讯协议 30 向多轴多通道联动运动控制系统 1 反馈数据，同时 FPGA 控制分析电路 23 将电机驱动信息 28 打包送至高速传输电路 25，高速传输电路 25 通过 LVDS 总线发送至 PCI 板卡 19 中，所述 PCI 板卡 19 将收到的数据组成 PCI 数据包上传至高速计算机 18 进行分析。高速计算机 18 可通过串行接口配置电子负载电路的参数。

[0034] 本实施方式所述的采集电路 22 完成模拟信号到数字信号的转换，选用 MAX1308 芯片。MAX1308 为 20MHz 输入带宽，8 通道 12 位的同步采样、并行输出的 AD 转换芯片，输入电压范围为 $\pm 5V$ 。FPGA 控制分析电路 23 采用 XILINX 公司的 VIRTEX-4 系列的芯片 XC4VFX20-10FFG672C，XC4VFX20 为高性能全功能嵌入式平台应用解决方案，XC4VFX20 最大可用的 I/O 引脚为 320 个；多达 4 个数字时钟管理器 (DCM) 块；32 个全局时钟网络；区域 I/O 和区域时钟；速度比上一代器件提高 40%；19224 个逻辑单元；8544 个 SLICE；逻辑扩展多路复用器和 I/O 寄存器；可级联的可变移位寄存器或分布式存储器功能；134Kb 最大分布式 RAM；1224Kb 最大 Block RAM，满足实时采集和控制的要求。存储芯片选用 IDT 公司的异步 FIFO 芯片 IDT72V06，该芯片存储容量为 16384×9 ，具有“满”、“半满”和“空”等状态标志，便于控制。高速传输电路 25 选用的 LVDS 驱动器选用 TI 公司的 SN55LVDS31 高速差分线驱动器和 SN55LVDS32 高速差分线接收器，可以处理最高 400Mbps 的差分信号，传播延迟时间 $1.7 \sim 2.1ns$ ，在 400MHz 传输时，功耗仅为 60mW。编码器反馈电路 24 选用 DS26LV31T 发送器和 DS26LV32AT 接收器作为 RS422 接口芯片，这两种芯片兼容 TIA/EIA-422 通讯标准，且每对可以完成 4 路 RS-422 通讯。电子负载电路的控制器选用 ATMEL 公司的 8 位单片机

AT89S52 可以满足设计需求。RS422 通讯芯片选用 DS26LV31T 发送器和 DS26LV32AT 接收器作为 RS422 接口芯片,选用 MAX813 作为看门狗。IO 扩展选用 4 片 8D 锁存器 74LS573。电机的固定电感较大,在市场上很难买到,选用磁环缠绕导线的方法自制。

[0035] 结合图 4,本发明系统的各个模块上电后,用户 31 通过运行在高速计算机上的控制软件 32 对电子负载电路进行配置,配置命令通过 RS422 驱动程序 33 发送到电子负载配置程序 34,负载配置程序 34 接收命令配置完成后,向服务器返回配置后的状态;操作控制分析软件,通过数据板驱动程序 35 和 PCI 板卡传输程序 36 向采集板 11 中的控制分析程序 37 注入启动命令和参数,主要包括电机类型、工作方式(相位数)、通道数,各编码器初始值、速比、编码器运动范围等信息,并接收采集板 11、PCI 板卡 19 上行的数据和状态信息。其中上行的数据主要包括电机运行信息和编码器反馈信息 29;状态信息主要包括 PCI 板卡 19、采集板 11 的工作状态和参数信息。控制软件 32 在接收存储数据的同时在计算机屏幕上实时绘制出各个轴(通道)立体动画动态工作仿真模型图。

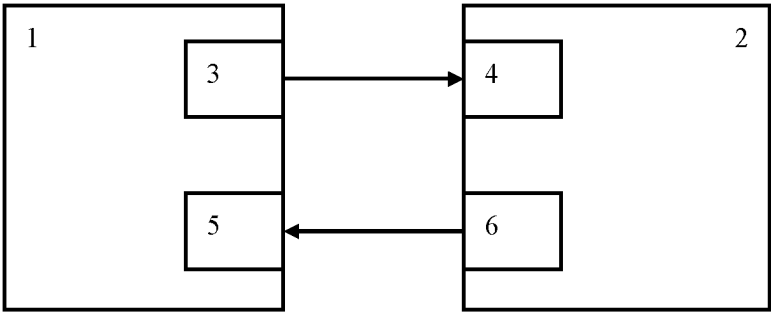


图 1

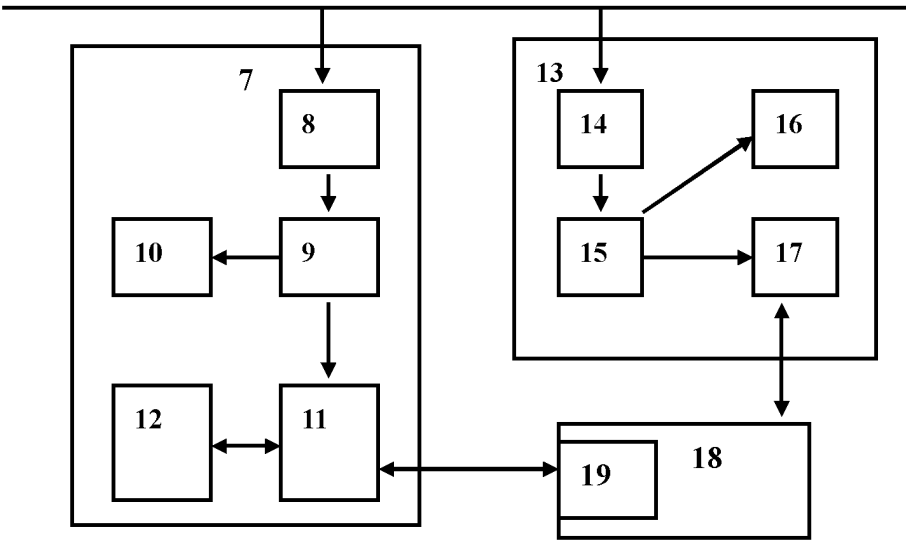


图 2

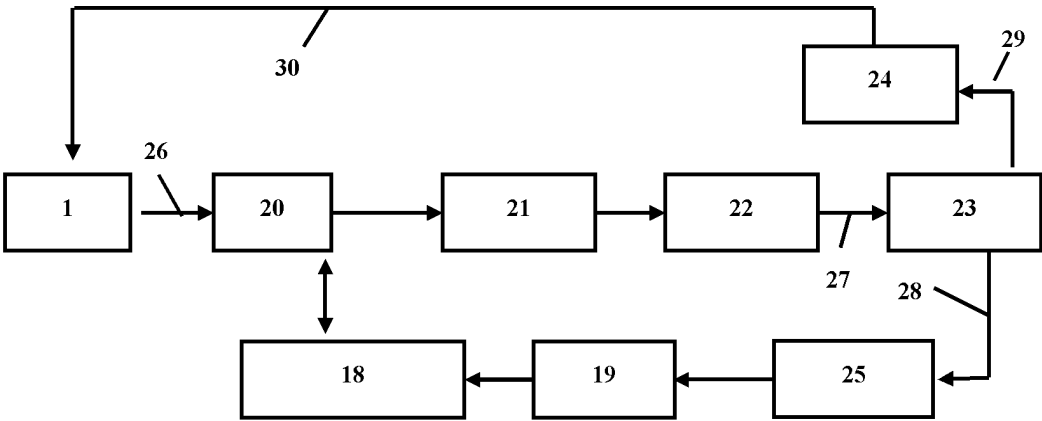


图 3

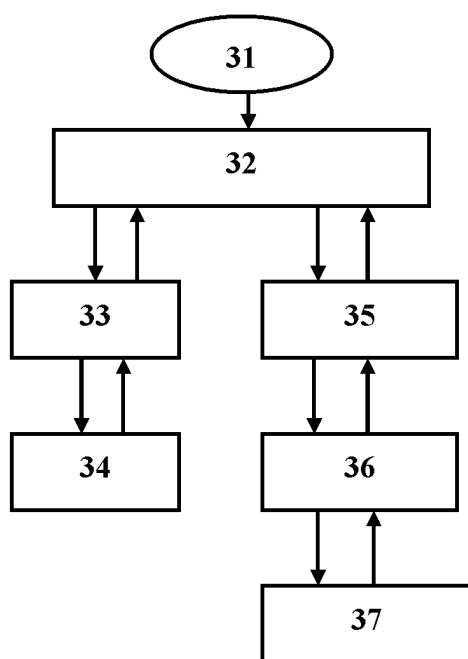


图 4