



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103019224 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 02

(21) 申请号 201210489341. 0

(22) 申请日 2012. 11. 27

(73) 专利权人 中国商用飞机有限责任公司  
地址 200120 上海市浦东新区张杨路 25 号  
专利权人 中国商用飞机有限责任公司上海  
飞机设计研究院

(72) 发明人 谢殿煌 金学良 戴烨飞 崔希振  
徐真 王小英

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所  
11256

代理人 郑立柱

(51) Int. Cl.  
G05B 23/02(2006. 01)

(56) 对比文件  
CN 201293933 Y, 2009. 08. 19,  
CN 2492883 Y, 2002. 05. 22,

CN 2750383 Y, 2006. 01. 04,  
CN 2845017 Y, 2006. 12. 06,  
CN 101634860 A, 2010. 01. 27,  
CN 102507225 A, 2012. 06. 20,  
US 7079338 B1, 2006. 07. 18,  
CN 101216701 A, 2008. 07. 09,  
CN 102582838 A, 2012. 07. 18,  
唐曦文等. 基于 GPIB 总线的测控系统开  
发. 《制造业自动化》. 2010, 第 32 卷 (第 6 期),  
审查员 席云红

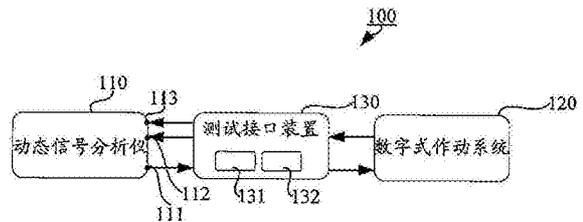
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

用于数字式被测系统动态测试的系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于数字式被测系统的动态测试系统及方法。所述系统包括：动态信号分析仪，其具有第一输出端、第一输入端和第二输入端，所述第一输出端用于输出用于动态测试的第一模拟信号，所述第一和第二输入端分别用于接收待分析的第二和第三模拟信号；数字式被测系统，其用于接收第一数字信号并经所述数字式被测系统处理后输出第二数字信号；以及测试接口装置，其用于将所述第一模拟信号转换为所述第一数字信号，且将所述第一数字信号和所述第二数字信号分别转换为所述第二和所述第三模拟信号。依据本发明所述的系统减小了待测的第二模拟信号和第三模拟信号之间的时延差，从而保证动态测试结果真实反映数字式被测系统的动态特性。



1. 一种用于数字式被测系统的动态测试系统 (100), 包括:

动态信号分析仪 (110), 其具有第一输出端 (111)、第一输入端 (112) 和第二输入端 (113), 所述第一输出端 (111) 用于输出用于动态测试的第一模拟信号, 所述第一和第二输入端分别用于接收待分析的第二和第三模拟信号;

数字式被测系统 (120), 其用于接收第一数字信号并经所述数字式被测系统处理后输出第二数字信号; 以及

测试接口装置 (130), 其用于将所述第一模拟信号转换为所述第一数字信号, 且将所述第一数字信号和所述第二数字信号分别转换为所述第二和所述第三模拟信号。

2. 根据权利要求 1 所述的动态测试系统 (100), 其特征在于, 所述测试接口装置 (130) 包括模数转换模块 (131) 和数模转换模块 (132), 其中, 所述模数转换模块 (131) 用于将所述第一模拟信号转换为所述第一数字信号, 所述数模转换模块 (132) 用于将所述第一数字信号和所述第二数字信号分别转换为所述第二和所述第三模拟信号。

3. 一种用于数字式被测系统的动态测试方法 (200), 包括:

a. 由动态信号分析仪发出第一模拟信号并经测试接口装置转换为第一数字信号 (210);

b. 将所述第一数字信号输入所述数字式被测系统以得到表示反馈信号的第二数字信号 (220); 以及

c. 将所述第一数字信号和所述第二数字信号同时由所述测试接口装置转换为第二和第三模拟信号并将其输出至所述动态信号分析仪, 以由所述动态信号分析仪分析所述数字式被测系统的动态性能 (230)。

4. 根据权利要求 3 所述的动态测试方法 (200), 其特征在于, 所述测试接口装置包括模数转换模块和数模转换模块, 其中, 所述模数转换模块用于将所述第一模拟信号转换为所述第一数字信号, 所述数模转换模块用于将所述第一数字信号和所述第二数字信号分别转换为所述第二和所述第三模拟信号。

## 用于数字式被测系统动态测试的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及航空领域的测试技术,更具体地,涉及用于数字式被测系统动态测试的系统和方法。

### 背景技术

[0002] 作动系统是电传飞行控制系统的执行机构,其性能的好坏直接影响整个飞行控制系统功能的实现和性能优劣。作动系统的动态测试是通过时域响应和频率响应试验检查伺服作动系统的跟随性和稳定性,验证作动系统的动态性能是否满足设计指标。

[0003] 一般的动态测试方法大都采用动态信号分析仪作为信号注入和分析装置,通过模拟量控制作动系统,来实现动态性能测试。这种方法是依靠动态信号分析仪的测试分析功能来获得动态特性,该方法在作动系统动态测试试验中应用广泛,技术成熟。

[0004] 一般作动系统动态测试方法由动态信号分析仪、模拟控制单元及伺服作动系统组成。从模拟控制单元的输入端和反馈端引出模拟信号分别作为动态信号分析仪的基准信号和反馈信号,比较两组信号获得系统的动态特性。

[0005] 本申请涉及一种采用数据总线的新型灵巧作动系统的动态测试方法(数字式作动系统)。数字总线传输数字指令,包括对数字式作动系统输入的控制指令及数字式作动系统反馈的位置指令,通过比较总线上的这两种信号能够获得灵巧作动系统的闭环动态特性。

[0006] 对于这种新型灵巧作动系统,需要对数字总线注入数字控制信号,而传统的动态测试方法注入的是模拟量信号,所以传统动态测试方法不能满足该新型作动系统动态测试的需要,需要研究一种新的动态测试方法。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的,在于提供一种利用现有的动态信号分析仪便能检测数字式被测系统动态性能的测试系统及方法。

[0008] 为达到上述目的,本发明的第一方面提供了一种用于数字式被测系统的动态测试系统,包括:动态信号分析仪,其具有第一输出端、第一输入端和第二输入端,所述第一输出端用于输出用于动态测试的第一模拟信号,所述第一和第二输入端分别用于接收待分析的第二和第三模拟信号;

[0009] 数字式被测系统,其用于接收第一数字信号并经所述数字式被测系统处理后输出第二数字信号;以及

[0010] 测试接口装置,其用于将所述第一模拟信号转换为所述第一数字信号,且将所述第一数字信号和所述第二数字信号分别转换为所述第二和所述第三模拟信号。

[0011] 在一个实施例中,所述测试接口装置包括模数转换模块和数模转换模块,其中,所述模数转换模块用于将所述第一模拟信号转换为所述第一数字信号,所述数模转换模块用于将所述第一数字信号和所述第二数字信号分别转换为所述第二和所述第三模拟信号。

[0012] 此外,本发明的第二方面提出了一种用于数字式被测系统的动态测试方法,包括:

[0013] a. 由动态信号分析仪发出第一模拟信号并经测试接口装置转换为第一数字信号;

[0014] b. 将所述第一数字信号输入所述数字式被测系统以得到表示反馈信号的第二数字信号;以及

[0015] c. 将所述第一数字信号和所述第二数字信号同时由所述测试接口装置转换为第二和第三模拟信号并将其输出至所述动态信号分析仪,以由所述动态信号分析仪分析所述数字式被测系统的动态性能。

[0016] 在一个实施例中,所述测试接口装置包括模数转换模块和数模转换模块,其中,所述模数转换模块用于将所述第一模拟信号转换为所述第一数字信号,所述数模转换模块用于将所述第一数字信号和所述第二数字信号分别转换为所述第二和所述第三模拟信号。

[0017] 依据本发明所述的系统和方法减小了待测的第二模拟信号和第三模拟信号之间的时延差,从而保证动态测试结果真实反映数字式被测系统的动态特性。

[0018] 依据本发明所述的用于数字式被测系统的动态测试系统即方法能够将传统动态测试方法中采用的动态信号分析仪应用到总线式数字控制的作动系统中,巧妙安排测试信号与反馈信号的引出点,消除信号转换环节引入的相位延迟,保证测试方法准确性;此外,该方法能够应用于其他总线式作动系统的动态测试,而且该方法可以应用于其他的飞行控制综合试验项目中,如力纷争试验、振荡故障监控试验等。

## 附图说明

[0019] 通过参照附图阅读以下所作的对非限制性实施例的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0020] 图 1 示出了依据本发明所述的用于数字式被测系统的动态测试系统的示意图;以及

[0021] 图 2 示出了依据本发明的用于数字式被测系统的动态测试方法的流程图。

## 具体实施方式

[0022] 为了更好地说明依据本发明所述的用于数字式被测系统动态测试的系统和方法的优点,首先介绍一下其他的解决方案。

[0023] 为了将传统的模拟系统的动态测试方法应用于总线式数字系统,一般数字系统动态测试方法考虑采用信号转换技术实现模拟信号与数字总线信号的相互转换。模拟信号转换数字总线信号以下简称 A/D,数字总线信号转换模拟信号以下简称 D/A。

[0024] 在一般总线式数字系统动态测试方法中,信号发生装置发出的信号,与被测数字系统反馈信号经 D/A 转换后的信号,一起输入到分析装置,比较分析获得系统的动态特性。这种方法存在较大的缺陷,增加的信号转换环节将影响动态测试结果,获得的动态测试结果不准确。假设:A/D 环节延迟时间为  $T_0$ ;D/A 环节延迟时间为  $T_1$ ;被测系统延迟时间为  $T$ (被测量)。那么反馈信号与测试信号真实反映系统的闭环动态特性,被测系统延迟时间为: $(T_0+T)-T_0 = T$ 。一般的总线式数字系统的测试方法,通过比较基准通道与反馈通道,来

获得系统的动态特性,被测系统延迟时间为: $(T_0+T+T_1)-0 = T_0+T+T_1$ 。所以,在动态测试结果中引入了信号转换环节带来的时间延迟,获得的动态测试结果不能够真实反映被测对象的动态特性。

[0025] 与之相反,为了去除信号转换环节对数字系统动态测试结果的影响,本专利研究一种方法,采用相位延迟抵消方法使得动态测试结果能够真实反映系统动态特性。

[0026] 具体地,依据本发明所述的用于数字式被测系统的动态测试系统 100,包括:动态信号分析仪 110,其具有第一输出端 111、第一输入端 112 和第二输入端 113,所述第一输出端 111 用于输出用于动态测试的第一模拟信号,所述第一和第二输入端分别用于接收待分析的第二和第三模拟信号;

[0027] 数字式被测系统 120,其用于接收第一数字信号并经所述数字式被测系统处理后输出第二数字信号;以及

[0028] 测试接口装置 130,其用于将所述第一模拟信号转换为所述第一数字信号,且将所述第一数字信号和所述第二数字信号分别转换为所述第二和所述第三模拟信号。

[0029] 在一个实施例中,所述测试接口装置 130 包括模数转换模块 131 和数模转换模块 132,其中,所述模数转换模块 131 用于将所述第一模拟信号转换为所述第一数字信号,所述数模转换模块 132 用于将所述第一数字信号和所述第二数字信号分别转换为所述第二和所述第三模拟信号。

[0030] 相应地,反馈信号与测试信号的比较获得数字系统的闭环动态响应,系统的延迟时间为: $(T_0+T)-T_0 = T$ 。本专利将比较基准通道与反馈通道来获得系统的动态特性,基准通道比测试信号多一个数模转换环节,反馈通道比反馈信号多一个数模转换环节,在时域上都经过一个  $T_1$  的延迟时间(频域中都相位滞后  $\psi 1$ ),比较两个信号,可以将延迟时间抵消,即: $(T_0+T+T_1)-(T_0+T_1) = T$ 。所以本专利测试方法能够真实反映数字系统的动态特性。

[0031] 灵巧作动系统是一种典型的总线控制的数字式系统,为了应用本专利的动态测试方法,研制了一种测试接口装置,使得动态信号分析仪可以应用于数字式系统的动态测试。灵巧作动系统的动态测试方案由动态信号分析仪、测试接口设备及被测对象三部分组成。动态信号分析仪作为作动系统的信号注入设备及信号分析设备,有三个通道,分别输出源信号、接收基准信号及反馈信号。通过比较反馈信号与基准信号,可以获得系统的动态特性。测试接口装置能够支持模拟信号与数字总线信号的相互转换,具备多组数据总线测试端口及模拟测试端口。被测对象是采用总线的数字式作动系统。灵巧作动系统的动态性能要求高,要保证其测试结果能够真实反映系统的动态性能,通过采用本专利测试方法去除测试接口装置对系统动态性能的影响。

[0032] 本专利针对数字总线式系统研究了一种动态测试方法,研制了一种测试接口装置使得该测试方法能够在灵巧作动系统中使用。通过该装置能够实现相位延迟抵消,其结果能够真实反映系统动态特性。

[0033] 图 2 示出了依据本发明的用于数字式被测系统的动态测试方法的流程图。

[0034] 如图所示,依据本发明的用于数字式被测系统的动态测试方法 200,包括:

[0035] a. 由动态信号分析仪发出第一模拟信号并经测试接口装置转换为第一数字信号 210;

[0036] b. 将所述第一数字信号输入所述数字式被测系统以得到表示反馈信号的第二数

字信号 220 ;以及

[0037] c. 将所述第一数字信号和所述第二数字信号同时由所述测试接口装置转换为第二和第三模拟信号并将其输出至所述动态信号分析仪,以由所述动态信号分析仪分析所述数字式被测系统的动态性能 230。

[0038] 可选地,所述测试接口装置包括模数转换模块和数模转换模块,其中,所述模数转换模块用于将所述第一模拟信号转换为所述第一数字信号,所述数模转换模块用于将所述第一数字信号和所述第二数字信号分别转换为所述第二和所述第三模拟信号。

[0039] 更具体地,动态测试试验操作过程如下:首先,动态信号分析仪的源通道连接到测试接口装置的模拟测试端口;接下来,测试信号连接到数字测试端口,对被测系统注入信号,并经 D/A 环节后连接到模拟测试端口,模拟测试端口连接动态信号分析仪的基准通道;再接下来,被测系统反馈信号传输在数据总线上,通过数字测试端口获得位置反馈信号,并经 D/A 环节后连接到模拟测试端口,模拟测试端口连接动态信号分析仪的反馈通道;在完成动态测试试验的测试环境后,通过动态信号分析仪输出正弦扫频信号,比较基准通道与反馈通道,实时获得被测系统的幅频和相频特性曲线。

[0040] 依据本发明所述的用于数字式被测系统的动态测试系统及方法能够将传统动态测试方法中采用的动态信号分析仪应用到总线式数字控制的作动系统中,巧妙安排测试信号与反馈信号的引出点,消除信号转换环节引入的相位延迟,保证测试方法准确性;此外,该方法能够应用于其他总线式作动系统的动态测试,而且该方法可以应用于其他的飞行控制综合试验项目中,如力纷争试验、振荡故障监控试验等。

[0041] 本领域技术人员应能理解,上述实施例均是示例性而非限制性的。在不同实施例中出现的不同技术特征可以进行组合,以取得有益效果。本领域技术人员在研究附图、说明书及权利要求书的基础上,应能理解并实现所揭示的实施例的其他变化的实施例。在权利要求书中,术语“包括”并不排除其他装置或步骤;不定冠词“一个”不排除多个;术语“第一”、“第二”用于标示名称而非用于表示任何特定的顺序。权利要求中的任何附图标记均不应被理解为对保护范围的限制。某些技术特征出现在不同的从属权利要求中并不意味着不能将这些技术特征进行组合以取得有益效果。本专利覆盖在字面上或在等同原则下落入所附权利要求的范围的所有方法、装置和产品。

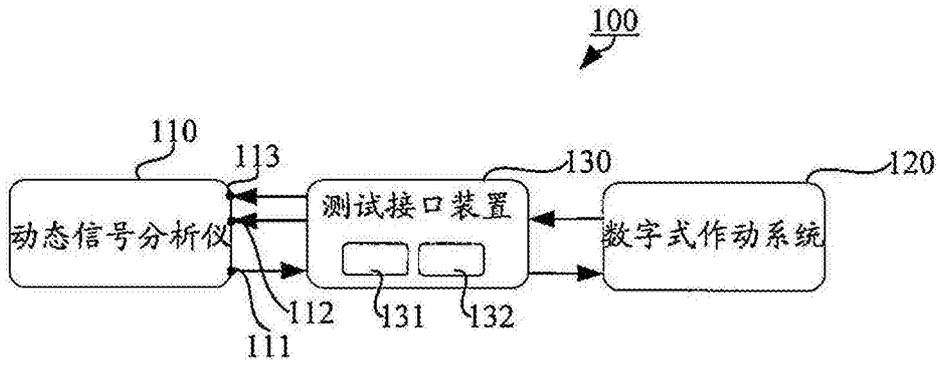


图 1

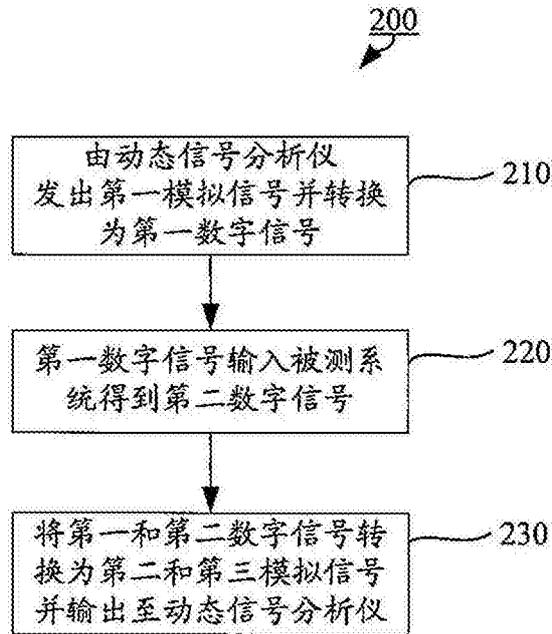


图 2