

多型控制组合环境试验测试系统研制

朱佳博,李扬

(陕西铁路工程职业技术学院,陕西 渭南 714099)

摘要:弹药修理过程中,需要在环境试验后对控制组合进行性能测试。传统手动测试流程复杂,工作效率低,且人工操作失误可能对产品造成损伤。为解决上述问题,对控制组合的基本组成结构及工作原理进行分析,研究多种型号控制组合的性能测试方法及测试流程,设计基于PXI总线、LabVIEW虚拟仪器开发平台的控制组合环境试验性能测试系统,搭建测量系统硬件平台,给出软件设计流程和开发方法。测试结果表明:测试系统满足产品环境试验后的测试需求。

关键词:控制组合;自动测试系统;PXI总线;LabVIEW;软件设计

中图分类号:TJ765.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2023)05-0214-04

Development of Multi-type Control Combination Environmental Test System

ZHU Jiabo, LI Yang

(Shaanxi Railway Engineering Vocational and Technical College, Weinan 714099, China)

Abstract: In the process of ammunition repair, the performance test of the control combination is required during environmental testing. In order to improve the low work efficiency and avoid manual operation errors affecting product due to the complicated traditional manual testing process, the basic structure and working principle of the control combination were analyzed, the performance test methods and test procedures of various types of control combinations were studied, the environmental test performance of the control combination based on PXI bus and LabVIEW virtual instrument development platform was designed, the measurement system hardware platform was built, and the software design process and development methods were given. The test results show that the test system meets the test requirements of product environmental tests.

Keywords: control combination; automatic test system; PXI bus; LabVIEW; software design

0 引言

控制组合是引进并装备于我军的多型导弹上的电子设备,导弹依靠控制组合完成弹体控制及目标接近。弹药修理过程中对控制组合进行环境试验后,需要对其性能进行检测,由于多种型号控制组合没有引进测试设备,且不同型号控制组合的上电时序、电压等激励信号不一致,操作者需要对不同型号控制组合选用特定的测试方法和测试设备,手动完成信号测试,工作效率低。随着弹药到寿数量增多,修理压力逐渐增大,仍采用原先的工作模式将影响生产周期。为解决上述问题,研制一种多型弹药控制组合环境试验综合测试系统^[1],从而简化人工操作流程,提高测试效率。

1 控制组合工作原理

控制组合用于在弹药投出后对其在弹道上的飞行进行稳定和控制。它根据导引头提供的目标方位信号及控制组合内惯性传感器提供的弹体姿态、速度、位置等信息,经控制电路处理,再综合执行机构的反馈信号,形成控制

指令回传给舵回路,完成对弹体姿态的控制并使导弹命中目标。

以某型炸弹上的控制组合为例,如图1所示。控制电路分为3条通道,控制通道I、控制通道II、倾斜角稳定通道III。3个通道相互独立,与弹体构成闭合回路。导引头测量风标轴与目标之间的偏差信号 $U_{\phi 1}$ 和 $U_{\phi 2}$,加上重力补偿的修正信号作为输入偏差信号^[2-3],送入控制通道I和II。俯仰和偏航通道的线性加速度传感器和角加速度传感器测量弹体两个方向上的线加速度和角加速度,控制电路通过控制算法综合后形成舵控电压信号,控制舵机使弹体朝目标方向偏转;倾斜角稳定通道III用于控制弹体的滚转角,使其稳定在一个较小的范围内,炸弹飞行时由于安装误差及空气流动的扰动等原因,使弹体可能绕其纵轴产生滚转,若不对滚转角加以限制,当滚转角速度过大时,I、II通道之间的相互影响可能导致炸弹控制失调。倾斜角传感器(倾角陀螺)用于测量弹体相对于纵轴的滚转角,经控制电路处理后输出控制信号给舵机。

因为控制组合中的各类传感器、控制电路上的运算放大器等电子元器件需要正负直流电源供电,控制组合内部设有二次电源,将弹上涡轮发电机提供的三相交流电转换为直流电供电子设备使用。同时,控制电路的控制指令由

基金项目:陕西铁路工程职业技术学院创新团队培育计划项目(KJTD202002)

第一作者简介:朱佳博(1993—),男,陕西渭南人,讲师,硕士,研究方向为机械设计与自动化,2388549394@qq.com。

弹上直流电源提供。

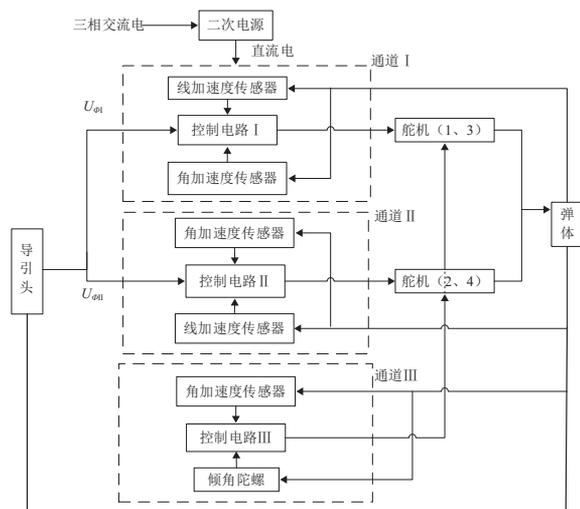


图1 控制组合基本原理图

2 测试方法及流程

对控制组合的性能测试通常采用信号流的测试方法,即“激励-响应”法。通过模拟产品的工作状态,在某点加入激励信号,对相应的输出点测量其响应,查看是否满足合格要求^[4-5]。

表1所示为7种型号的控制组合,测试项主要为电压和电流信号。输入激励信号包括36V多种频率的三相交流电,27V直流电信号,测量响应信号包括二次电源输出电压、舵零位电压、三相消耗电流、直流电源消耗电流等。

表1 多型控制组合测试项

检测项目	型号		
	a、b、c、d	e、f	g
1	36 V三相交流电消耗电流	±15 V直流输出电压	36 V三相交流电消耗电流
2	二次电源直流输出电压	I舵零位电压	二次电源直流输出电压
3	舵I零位电压	II舵零位电压	I舵零位电压
4	舵II零位电压	III舵零位电压	II舵零位电压
5	舵III零位电压	IV舵零位电压	27 V直流电消耗电流
6	舵IV零位电压	—	—
7	27 V直流电消耗电流	—	—

以型号1的控制组合的环境试验测试为例,首先加36V三相交流电,模拟涡轮发电机供电,等待滚角陀螺工作稳定后,测量三相交流电的消耗电流,通过消耗电流大小判断陀螺是否工作正常。然后测量二次电源的直流电压,判断二次电源输出电压是否正常。再测量控制组合舵

的零位输出电压,常规状态下舵控信号为几十毫伏。最后,加载27V直流电信号,用于模拟指令信号,同时测量其消耗电流,判断控制组合指令链路是否正常。

3 测试系统设计

3.1 硬件系统组成

测试系统硬件结构如图2所示。测试系统主要由综合控制计算机、DC直流电压源、AC交流电压源、PXI嵌入式板卡、电流互感器等组成。其中,硬件系统采用PXI总线控制技术和基于PXI总线的虚拟仪器测试平台。PXI总线仪器具有体积小、性能高的特点,适用于测量系统和自动化系统平台^[6]。

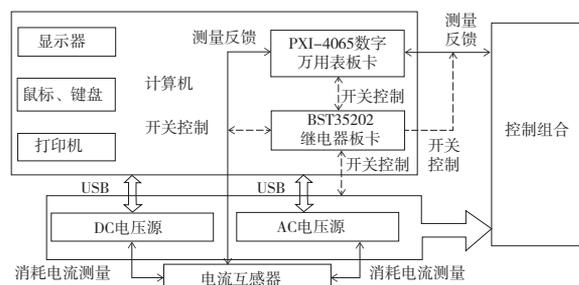


图2 硬件结构图

PXI板卡选用NI-DMM系列PXI-4065数字万用表和BST35202继电器板卡。其中,数字万用表板卡具有300V/3A的最大耐压耐流值,双通道测量,6位半测量精度,可以满足测试系统测量电压范围宽、精度高的要求;BST35202为24路单刀单掷开关,具有丰富的硬件资源,用于切换供电电源、切换测试点,可以满足待测型号多、测试点多、测试流程复杂的要求。

计算机作为综合控制系统,同时连接显示器、键盘及鼠标等输入输出设备,通过编写上位机软件实现测试流程的控制和测试结果的输出。USB接口连接计算机,实现对DC直流电源和AC交流电源的通信和控制。为准确获取流经电缆的电流,将每条输入电源线穿入互感器铁芯中,基于电磁感应原理,互感器铁芯和二次绕组感应环路电流,最终转换成电压值输出,转换比为1:1。由此,测试系统的所有待测量均转换为直流电压值。

3.2 系统软件设计

测试软件基于LabVIEW开发环境编写,采用模块化^[7]的设计思想将其分为4个模块。界面管理模块针对软件前面板进行设计,同时兼顾美观和降低操作者学习成本;通信模块主要为硬件驱动程序,用于控制PXI万用表板卡、继电器板卡 and 通过USB接口控制程控电源;测试模块编写多型控制组合标准测试流程以及对测量过程中可能出现的过压过流情况设置软件保护^[8];数据管理模块设置测试合格判定并将测试数据生成Excel表单,软件结构如图3所示。

表2 某型产品测试报表

测试项	合格范围	测量值	结果判定
A相消耗电流 I_A/A	<2	1.231	合格
B相消耗电流 I_B/A	<2	1.352	合格
C相消耗电流 I_C/A	<2	0.981	合格
正向电压 U/V	12.75~14.25	13.58	合格
反向电压 U/V	-14.25~-12.75	-13.42	合格
舵Ⅰ零位电压 $ U_I /mV$	<200	-20	合格
舵Ⅱ零位电压 $ U_{II} /mV$	<200	3	合格
舵Ⅲ零位电压 $ U_{III} /mV$	<200	-5	合格
舵Ⅳ零位电压 $ U_{IV} /mV$	<200	13	合格
27 V消耗电流 I_S/A	<2	0.175	合格

5 结语

本文针对多型控制组合测试方法展开研究,分析控制组合工作原理及工作时序,应用虚拟仪器技术设计控制组合环境试验测试系统,进行了测试系统的硬件方案设计和软件模块设计。测试结果表明,测试系统满足产品环境试验后的测试需求。现已应用于生产当中,提升了生产效率。

参考文献:

- [1] 李君,曾宪林,管水文,黄维新. 某型飞机襟翼自动检测系统的设计[J]. 计算机测量与控制,2004,12(5):455-457.
 [2] 陈法扬,薛璇. 精确制导导弹低成本制导控制系统设计[J].

火力与指挥控制,2017,42(11):178-180.

- [3] 李越群,王建. 典型空空导弹弹性伺服控制系统稳定性研究[J]. 兵器装备工程学报,2018,39(5):35-38.
 [4] 李伟中. 制导炸弹自动驾驶仪测试系统设计与分析[D]. 南京:南京理工大学,2013.
 [5] 郭晓华,杨宁,罗玲,等. 某引进型空空导弹控制组合测试系统[J]. 四川兵工学报,2010,31(12):18-20.
 [6] 王冠男. 自动驾驶仪检测设备的设计与实现[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2007.
 [7] 田芳宁,孙国强. 雷达接收机自动测试系统设计[J]. 中国科技信息,2007(17):316-317.
 [8] 王二伟,姜海峰,黄钢,等. 基于LabVIEW的陀螺加矩电路测试方法[J]. 导航与控制,2016,15(5):108-112.
 [9] 张永凯,翟安恒,马吉宽. 飞机燃油控制面板测试系统设计[J]. 科学技术创新,2019(14):72-73.
 [10] 孙志勇,杨小强,朱会杰. 机械设备电控系统元器件在线故障检测系统研制[J]. 机械制造与自动化,2017,46(2):177-180.
 [11] HAASZ V, PLATIL A. Virtual instrument - no virtual reality but real PC based measuring system [C]//2005 IEEE Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. Sofia: IEEE, 2007:261-266.
 [12] IEEE Std 488. 2-1992 Standard digital interface for programmable instrumentation - part 2: codes, formats, protocols and common commands[S].
 [13] 余美玲,胡亦军. 一种机载雷达处理单元自动测试系统设计[J]. 电子质量,2019(6):9-13.

收稿日期:2022-01-26

(上接第213页)

弱磁控制下不同工况所需的最小弱磁电流,以此作为前馈弱磁电流分量。实际控制中通过查表的方式获得前馈弱磁电流指令,结合基于电压外环的负直轴电流控制,构成了复合弱磁控制。仿真和实验都表明采用复合弱磁控制策略,能有效地加速电机的启动。

参考文献:

- [1] 白雪儿,杨向宇,白雪宁. 基于DOB的永磁同步电机蚁群优化鲁棒控制[J]. 机械制造与自动化,2020,49(5):172-176.
 [2] 陈果. 基于改进型电压外环弱磁控制的IPMSM控制器[J]. 微特电机,2016,44(5):44-47.
 [3] 程舒乔,姜淑忠. 装卸机器人用永磁同步电机弱磁调速系统[J]. 微特电机,2013,41(7):31-33.
 [4] 龚锦标,施火泉. 永磁同步电机弱磁最优控制策略研究[J]. 电机与控制应用,2019,46(4):32-37.
 [5] 严伟,周腊吾,浦清云,等. 基于PR控制器的永磁同步电动机弱磁控制[J]. 微特电机,2012,40(1):38-40.
 [6] 曲宝军,杨庆新,李永建,等. 一种用于EPS系统的永磁同步电机弱磁控制的改进方法[J]. 机床与液压,2020,48(6):10-16.
 [7] 董良滔,朱兵,杨建飞,等. 表贴式永磁同步电机弱磁控制方

法研究[J]. 工业控制计算机,2020,33(6):152-154.

- [8] 兰志勇,沈凡享,徐琛,等. 内嵌式永磁同步电机定子电流矢量最佳弱磁轨迹控制策略[J]. 微电机,2019,52(5):33-38.
 [9] 吕德刚,薛俊泉. 表贴式永磁同步电机的超前角弱磁控制[J]. 哈尔滨理工大学学报,2020,25(6):40-45.
 [10] 于家斌,秦晓飞,郑军,等. 一种改进型超前角弱磁控制算法[J]. 电机与控制学报,2012,16(3):101-106.
 [11] 文建平,曹秉刚. 电动车用内嵌式永磁同步电动机弱磁调速研究[J]. 微特电机,2015,43(3):49-50,54.
 [12] TURSINI M, CHIRICOZZI E, PETRELLA R. Feedforward flux-weakening control of surface-mounted permanent-magnet synchronous motors accounting for resistive voltage drop [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2010, 57(1):440-448.
 [13] INOUE Y, MORIMOTO S, SANADA M. Comparative study of PMSM drive systems based on current control and direct torque control in flux-weakening control region [J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 2012, 48(6):2382-2389.

收稿日期:2022-03-09