

基于 Labwindows/CVI 的无人机畸变测试系统设计

张凯, 姜静, 寇昆湖

(海军航空工程学院 控制工程系, 山东烟台 264001)

摘要: 针对现代无人机电网电压畸变参数检测的需求, 设计了一种基于 Labwindows/CVI 的无人机专用畸变测试系统; 根据实际装备的需求, 设计过程中注重便携的特点和模块化设计思想, 完成了系统的硬件和软件设计; 为了提高设计的准确性, 该系统还采用硬件滤波和数字滤波两种滤波方式进行滤波; 实际应用表明, 该系统能够准确测出无人机电网的畸变参数与畸变频谱, 且各项测试指标均达到了设计要求, 能够满足无人机电网交直流畸变测试的需要。

关键词: 无人机; 航空电源系统; 畸变参数; Labwindows/CVI

Design of Distortion Parameters Test System Based on Labwindows/CVI for UAV

Zhang Kai, Jiang Jing, Kou Kunhu

(Department of Control Engineering, Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001, China)

Abstract: In order to satisfy the requirement of detecting the distortion parameters for the unmanned aerial vehicle (UAV), the distortion test system of unmanned aerial vehicle power system based on Labwindows/CVI is designed in this paper. According to the requirement of the practical equipment, the portable character and the modular design idea has been adopted in the design. At the same time, the technology of hardware filter and software filter is adopted. It is shown that the test system can acquire the distortion parameters and the distortion spectrum of the power system for the unmanned aerial vehicle, and the test results reach to the design requirements, and can satisfy the distortion parameters test requirement for the unmanned aerial vehicle.

Keywords: unmanned aerial vehicle; aviation power system; distortion parameter; Labwindows/CVI

0 引言

随着现代科技的不断发展, 无人机在军事和工农业生产中得到日益广泛的应用, 尤其是现代新型军用无人机具有高突防能力、机动能力和侦查作战能力, 已经成为重要的军事手段。军用无人机电源系统的好坏直接影响到该机的安全运行和作战任务的完成情况。因此, 在实装的维修保障过程中, 特别是在战备如何快速准确的实现对其电源系统中畸变参数进行准确检测变得尤为重要。为了实现对无人机电源系统畸变参数的快速准确检测与及时维护, 设计了一种基于 Labwindows/CVI 的无人机电源畸变参数测试系统(以下简称“测试系统”), 能够根据国军标的要求, 实现对无人机电源系统的畸变参数进行实时快速采集与数据处理, 满足无人机畸变参数实时检测的需要^[1-2]。

1 畸变产生原因及其测试方法

在无人机供电系统中, 直流发电机调压器的校正作用、直流发电机整流子换相作用、负载变化的作用以及整流引起的电压波动等, 是引起直流电压畸变的主要原因; 而交流电压畸变除了由非线性负载引起的畸变外, 还会因为电压调制和频率调制等原因引起。

根据 GJB181 和 GJB181A 的要求, 交流畸变电压、交流畸变频谱、交流畸变系数、直流畸变电压和直流畸变频谱等参数的测试是飞机供电系统中畸变参数测试的主要内容^[3]。

根据 GJB181 和 GJB181A, 无人机供电系统中相关的畸变参数的测试方法^[4]如下:

1.1 交流畸变

交流畸变电压是指在交流电压波形中, 除基波电压之外的电压分量的方均根值。交流畸变系数是指交流畸变电压与基波分量方均根之比。交流畸变频谱是指在交流电压中, 除基波电压分量之外的电压分量之频谱曲线, 以每一频率分量幅值的量化值来表示, 其中包括谐波和非谐波分量。

交流电压畸变的测试方法为以不低于 1 MHz 的采样频率对被测交流电压畸变波形(交流电压波形滤除基波后的瞬时波形)进行采样, 采样时间为不大于 1 s 期间最大整数个交流电压周波所对应的时间, 按式(1)计算交流电压畸变。

$$U_j = \sqrt{\frac{1}{T_w} \sum_{j=1}^n (u_j)^2 \cdot \Delta t} \quad (1)$$

式中, U_j 为交流电压畸变方均根值(V), u_j 为交流电压畸变波形(从交流电压波形中滤除交流基波后波形)的瞬时值(V), T_w 为规定的采样时间(s), n 为总采样次数, j 为采样序列, Δt 为每次采样的对应时间(s)。

1.2 直流畸变

直流畸变电压是指在直流系统中, 在直流电压中交流电压分量的方均根值。直流畸变系数是直流畸变电压与直流稳态电

收稿日期: 2013-11-09; 修回日期: 2014-01-26。

作者简介: 张凯(1974-), 男, 山东济宁人, 硕士研究生, 副教授, 主要从事航空电源测试方面的研究。

压之比。直流畸变频谱是指直流电压中交流电压分量波形的频谱曲线，以每一频率分量幅值的量化值表示。

直流电压畸变的测试方法为以不低于 1 MHz 的采样频率对滤除稳态直流电压后的电压波形进行采样，此采样时间接近或等于 1 s，并按式 (1) 计算出直流电压畸变：

$$U_z = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^n (u_{zj})^2 \cdot \Delta t} \quad (2)$$

式中， U_z 为直流电压畸变 (V)， u_{zj} 为直流电压畸变波形 (从电压波形中滤除稳态直流电压后的波形) 采样的瞬时值 (V)， T 为采集时间 (s)， n 为总采样次数， j 为采样序列， Δt 为每次采样的对应时间 (s)。

2 系统总体设计

测试系统主要用于无人机供电系统畸变参数的地面检测，主要由测试计算机、数据采集系统、数据处理系统、拖动系统、信号调理箱和打印机以及相关数据采集、数据分析软件等，系统的总体^[4]结构如图 1 所示。系统的硬件部分主要用来实现数据的采集与信号的调理，系统将被测信号通过传感器获得，并经过信号调理箱进行调理，将电压和电流信号调理到数据采集卡所要求的范围之内；软件部分主要用来将采集到的数据进行保存，并能够按照国军标的要求进行数据分析与处理，并能在工控机上进行处理和显示，实现数据和波形的监控、分析结果的显示与打印、测试结果报表输出等功能。

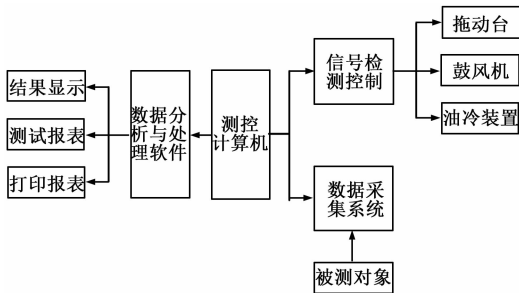


图 1 系统总体结构图

2.1 系统硬件设计^[4]

测试系统由拖动台、油冷装置、鼓风机、数据采集系统、交/直流电阻负载箱等组成。数据采集系统主要由信号调理箱和高速数据采集卡实现对数据的调理与采集；计算机测控系统的硬件部分主要是测控计算机，该测控计算机选用高档工控计算机，该计算机的配置足够可以保证实时数据采集分析、存贮的需要，使得该系统具有很好实时性和较强的数据处理能力。

2.1.1 信号调理电路

信号调理电路主要用来实现将采集到的信号调理到数据采集卡能够接受的范围之内，包括模拟信号 (交直流电压、电流、温度和油压等) 的滤波放大电路和状态量信号的滤波整形电路等。要想实现对被测数据的采集，需要将采集到的信号进行调理，使其达到数据采集卡所能接受的范围。对交流电流信号的采集需要将电流互感器得到的电流信号转换为电压信号，因此在调理电路中主要是将电压信号进行调理。调理电路主要由电压互感器、电流互感器、运放电路、跟随电路等组成，实现对输入信号进行线性变换功能，最后利用系统中的软件模块对调理后的信号进行数据采集。

2.1.2 数据采集卡的选择

数据采集卡选用美国 NI 公司的高性能 M 系列采集卡 PXI-6254，该采集卡为 16 位多功能数据采集卡，包含 32 路单端输入，单通道最高采样速率为 1.25 MS/s，该卡可以通过 PXI 总线与测试工控机交换数据。为了留有一定的余量，该系统采用 2 块 PXI-6254 卡。

2.2 测试系统软件设计

畸变测试系统的软件^[5-6]采用 Labwindows/CVI 进行编程，用来实现数据的采集与数据处理功能。在软件部分设计过程中，采用模块化设计思想，整个系统由多个模块及其相应的子模块组成，各个测试模块通过调用相应的子模块实现被测对象信号的采集、分析与处理等功能，这样有利于日后的更新与维护，该系统软件主要由数据采集模块、数据分析模块、系统监控模块、报表生成模块和系统帮助模块等组成，系统软件设计的结构如图 2 所示。

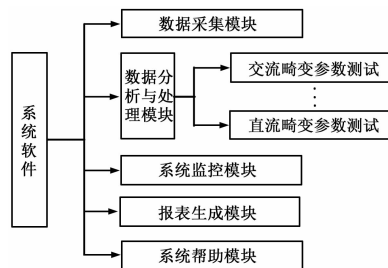


图 2 系统软件设计结构图

在软件设计中，数据采集模块主要用来实现数据的实时采集功能，在该模块中可以实现通道选择和采样频率设置等功能；根据 GJB-181A 的要求，系统默认采样频率为 1 MHz。数据分析与处理模块主要用来对采集到的数据按照 GJB181 和 GJB181A 标准进行数据分析；系统监控模块主要用来对无人机供电系统的电压/电流波形进行实时监测；报表生成模块主要用来实现对被测结果进行报表生成功能；系统帮助模块主要是用来解答测试中遇到的常见疑难问题。软件设计的流程图如图 3 所示。测试过程中，在完成数据采集并保存后，通过调用相应的子模块对这些数据进行分析，最后显示分析结果，并根据测试者的需要生成相应的测试报表^[7-8]。GJB181A 中交流电压畸变测试畸变系数的测试程序如图 4 所示。

为了消除数据采集过程中受干扰所限，引起的数据偏差，在系统设计中，除了采用硬件滤波外，还采用软件滤波的方式进行滤波，即采用数字滤波算法。所谓数字滤波就是通过一定的计算程序，对采集的数据进行某种处理，从而消除或减弱干扰噪声的影响，提高测量的可靠性和精度。

本系统中，采用了椭圆滤波算法和加海宁窗进行数字滤波。椭圆法数据处理是把采集到的信号瞬时值经过适当的变换，使之成为二维坐标系中的点坐标。由以下分析可知，这些点的分布是具有一定规律的，即这些点可以拟合成一个椭圆。通过对该椭圆方程系数的求解，即可推导出信号的频率、幅值和初相角等信息。通过数字滤波，基本上滤除了干扰项，实现了数据的准确测量。

3 实验应用

该畸变测试系统在某修理厂已经应用于某型无人机的供电系统畸变参数测试。在进行测试时，连接好测试线路，通电

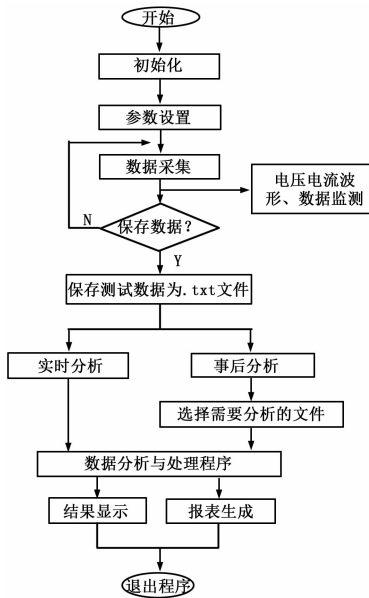


图 3 畸变测试程序流程图

按钮实现对供电系统中相关参数和波形的实时监控; 通过点击主程序界面中的“数据采集模块”按钮运行该部分程序, 并通过调用各个相应的子程序进行实时数据采集; 若要进行分析, 则可以通过点击“数据分析模块”按钮进入数据分析程序界面, 在该界面中可以选择“实时数据分析”或者“事后数据分析”, 数据分析的结果可以通过点击“报表生成模块”产生相应的测试报表; 当操作中遇到疑难问题时, 可以通过点击“系统帮助模块”按钮, 运行相关程序进行查询。经过实测数据分析, 交流电压畸变测试如图 4 所示, 测得畸变系数为 0.505。

4 结论

该畸变测试系统是针对某型无人机供电系统畸变参数测试设计并实现的, 设计过程中采用高速数据采集卡实现数据的实时采集功能, 同时根据应用场合的特点采用了便携式的硬件平台。在测试软件设计过程中采用模块化设计思想, 使得该系统具有很好地可靠性、可扩展性和维护性能。在实际测试过程中, 该畸变测试系统具有测试准确、稳定可靠、人机交互界面友好等特点, 达到了设计的要求, 满足了使用方需要。

参考文献:

- [1] 汪 洋, 张径周, 胡钢成. 航空电源地面自动测试系统的设计与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2006, 27 (16): 3051-3054.
- [2] 张树团, 张晓斌, 雷 涛, 等. 便携式飞机供电参数测试系统的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2008, 16 (11): 1536-1538.
- [3] 王守方, 王宏霞, 张晓斌, 等. 国外飞机供电特性标准汇编 [Z]. 西安: 西北工业大学飞机电气系统研究所, 2000.
- [4] 张树团, 鲁 芳, 李 岩. 便携式通用畸变测试系统设计与实现 [J]. 仪表技术, 2011, (8): 54-56.
- [5] 王建新, 隋美丽. LabWindows/CVI 虚拟仪器测试技术及工程应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [6] 张风均. LabWindows/CVI 开发入门和进阶 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [7] 李 华, 朱 波. LabVIEW 报表生成技术在机载电源测试系统中的应用 [J]. 电子测试, 2008, (3): 48-51.
- [8] 邹 坚, 李世平, 魏小飞. 基于 LabVIEW 的自动测试系统中的报表生成研究 [J]. 自动化仪表, 2006, 27 (11): 68-70.

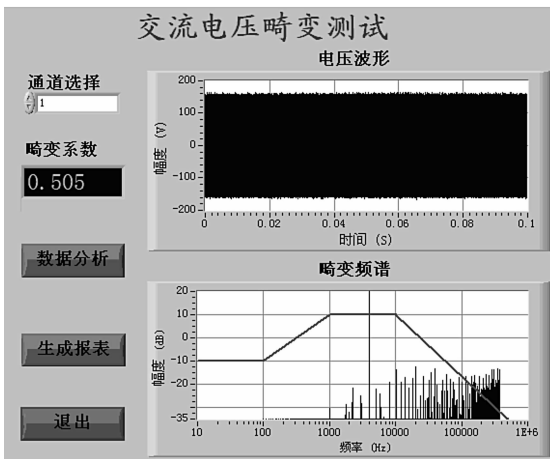


图 4 交流畸变测试图

后, 运行主程序后, 可以根据需要通过运行“系统监控模块”

(上接第 2362 页)

路由协议结合, 提高了系统通信效率, 同时实现了实时监控、历史数据的存储与查询等功能, 其易用性与可扩展性都大大提高, 且系统建设成本较低, 具有极大的推广价值。

参考文献:

- [1] 洽 国, 肖德琴, 周运华, 等. 基于无线传感器网络的水质监测系统设计与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2008, 29 (17): 456-459.
- [2] 王 骥, 许国保, 沈玉利. 基于无线传感器网络的海水重金属监测系统 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (4): 643-645.
- [3] 陈斯平. 基于嵌入式系统的协议栈的研究与设计 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006: 32-33.
- [4] 樊 勇. 基于 TCP/IP 协议的嵌入式网络接入技术的研究与应用 [D]. 包头: 包头钢铁学院, 2003: 57-58.
- [5] 孔邵颖, 郭宏亮. 基于可伸缩语义网络距离的 Web 多维信息识别算法 [J]. 科技通报, 2013, 4 (29): 33-35.

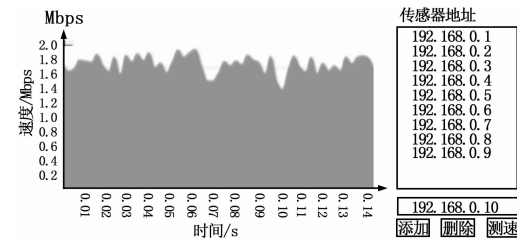


图 6 网络传输速度测试

统, 采用在水源关键位置部署无线水质传感器节点, 并在相应区域内设置监测子站对所有传感器数据进行收集, 然后通过宽带互联网将数据传送给远程监测主站的, 工作人员可通过 web 网页对实时水质污染程度进行在线监测, 使传感器节点地址与