

基于虚拟仪器技术的直升机电源试验系统设计

陈超 黄建梁 旭

(北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院 北京 100191)

摘要: 目前,直升机电源系统的测试面临着测试项目多、测试设备复杂、测试周期长等诸多问题,如果将虚拟仪器技术应用到直升机电源测试系统的设计,将大大的提高测试效率和缩短测试周期。设计的测试系统通过 PLC 来控制供电电路的切换和测试项目的转换,用信号调理电路和 PXI 板卡来实现数据的采集,在 CVI 平台上开发软件来实现数据的分析、处理和动态显示,并且利用相关评估策略对电源系统指定性能和综合性能进行了评估。该试验系统能够为直升机电源系统的使用和维修等环节提供技术支持和科学依据,有很好的应用价值。

关键词: 直升机电源;试验;系统;虚拟仪器

中图分类号: TN06 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

Design of helicopter power supply test system based on virtual instrument technology

Chen Chao Huang Jian Liang Xu

(School of Automatic Science and Electrical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: At present, there are still many problems in the helicopter power supply testing, such as multiple test items, complex test equipment, long test period and so on. If virtual instrument technology is applied to the design of the helicopter power supply test system, it would improve the test efficiency and shorten the test period. The test system designed in this paper use the PLC to control the switch of power supply circuits and test programs, use the signal conditioning circuits and PXI devices to acquire data, use the software developed on the CVI platform to analysis and display the data dynamically. In addition, relevant assessment strategies are used for the evaluation of specified performance and comprehensive performance. The test system can provide technical support and scientific basis for the use and maintenance of the helicopter power system, possessing a good application value.

Keywords: helicopter power; test; system; virtual instrument

1 引言

目前,我国针对电机的试验,在工程上还是采用传统的手工操作、目测读数的方法进行电机试验^[1],已研发的测试系统,开发周期长、系统复杂、调试工作量大,不利于推广,已经无法满足电机工业的不断发展。在国外,随着虚拟仪器软件及其硬件接口、设计方法等方面的研究,在电机测试领域已经研制出很多实用的虚拟仪器系统,提高了电机测试效率和自动化程度。而在国内较晚才开始研究虚拟仪器,最早的研究开始于引进并消化 NI 的产品^[2],在电机试验领域的应用也仅限于个别试验项目,没有形成较完整的系统化试验测试方案。

结合直升机主要电源类型的试验项目,应用虚拟仪器

技术,研究电源试验的系统化设计问题,形成一套完整的试验系统;通过试验系统数据库,实现数据管理的智能化;通过研究有关技术和相关算法,对直升机电源系统的性能进行综合分析和评估,为电源系统的使用、维护、维修等环节提供技术支持和科学依据。

2 试验系统方案设计

2.1 测试需求

试验系统主要是对直升机电源包含试验项目的参数进行测试,主要有瞬态参数和稳态参数^[2]。根据国军标 GJB 181A—2003 标准的要求,系统应该能够测试机载电源系统的各种电气性能参数,如表 1 所示。

收稿日期:2015-08

表1 机载电源系统电气性能参数

115 V/400 Hz 交流系统	稳态 电压 参数	稳态电压
		不平衡
		波形(包括波峰系数、 总谐波含量、单次 谐波含量和偏离系数)
	瞬态 电压 参数	调制
		浪涌
		尖峰
	频率 参数	稳态平均频率
		漂移
		频率调制
	电流 参数	瞬态频率
稳态电流		
瞬态电流		
稳态电压		
28 V/270 V 直流系统	稳态 电压 参数	脉动
		浪涌
	瞬态 电压 参数	尖峰
		电流 参数
		瞬态电流

2.2 系统功能

1) 试验项目流程管理: 系统可以对不同类型的电源和不同的试验项目进行选择, 在试验控制界面可以完成对试验流程的控制。

2) 试验数据采集和处理: 系统可以自动完成空载、负载、绝缘耐压等试验, 自动采集试验数据, 并对数据进实时分析和处理。

3) 试验数据管理: 系统提高数据管理模块, 可以对试验项目的基本信息和对应的数据进行存储, 提供对历史数据的条件查询功能, 以及数据的删除、打印和导出等功能。

4) 性能评估: 结合采集的试验数据, 可以对某类型电源的指定性能或综合性能进行评估, 并得出相应结论。

5) 帮助功能用来提供试验操作信息提示、版本信息和系统维护方法等。

3 硬件总体方案

试验系统平台在结构上主要由测试机柜、PLC、系统电源(试验电源柜、24 V 直流电源、三相调压器和变频驱动器)、交直流负载箱、拖动台、冷却风机、计算机和打印机组成, 如图1所示。

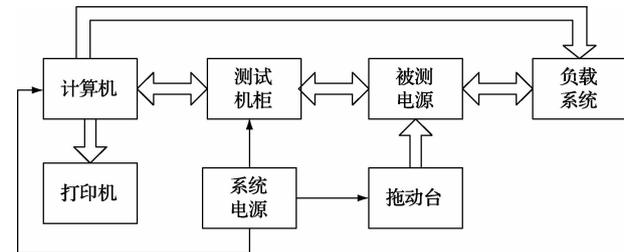


图1 试验系统平台组成

测试机柜是试验系统的核心部件, 主要由绝缘耐压测试仪、信号调理电路和主控计算机组成。绝缘耐压测试仪主要进行电源的静态测试试验, 包括耐压和绝缘试验; 信号调理电路主要对输入、输出信号进行转换, 由于传感器采集的信号多为毫伏或毫安级, 超出了PXI测试板卡测试范围, 所以要通过调理电路进行调理^[3]。计算机采用配置有专用PXI数据采集板卡、控制板卡和CVI6.0软件平台上开发的各种虚拟仪器的工业控制计算机, 主要用于信号的分析、处理、存储等, 同时也能完成数据库的管理和试验数据打印等^[4]。PLC其主要控制继电器组来实现对试验过程的控制, 在自动测试情况下, 上位机通过发送控制指令码控制PLC完成对继电器组合交流接触器组的控制, 实现供电电路的切换和测试回路的转换。系统电源主要为试验系统提供不同品种的电能; 负载箱主要提供满足试验所需的高低电压直流和三相交流的负载; 拖动台采用变频调速控制, 满足各种试验条件下对转速的要求。

4 试验系统软件方案设计

试验系统涉及的试验项目多, 数据复杂, 需要对试验项目进行管理以及对数据的自动采集和分析, 并对相应数据进行分析计算和评估, 最终显示输出评估结果以及打印评估报表^[5], 该系统软件分析流程描述如图2所示。

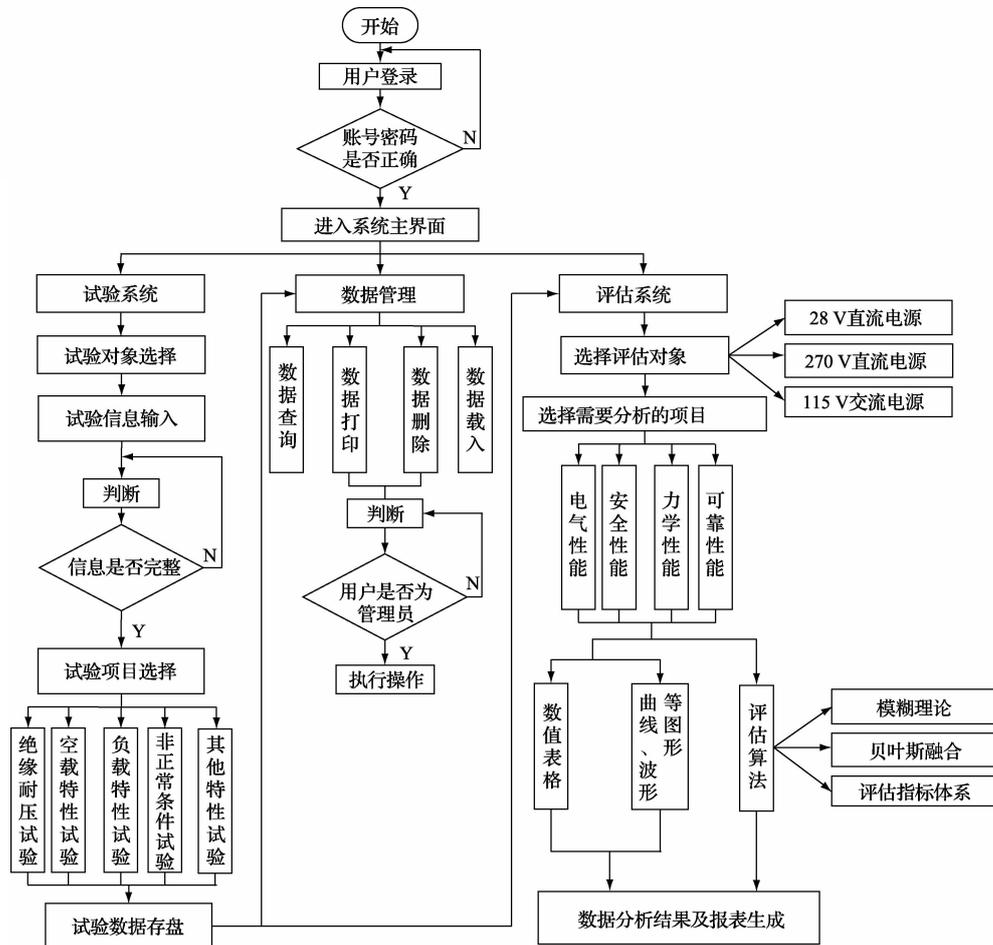


图2 系统软件设计流程

由于机载电源系统数据处理的多样化需求,针对国军标及相关行业标准,数据管理与评估系统的软件应按照模块化程序设计方法^[6],将软件系统功能分成不同的子模块,能够显示分析的试验数据,并具有后期存储分析的功能,试验数据评估结果可自动生成报表打印,其包含以下几个部分。

- 1) 系统登录:与数据库相连接,通过输入正确的用户名和密码登录该试验系统。
- 2) 系统功能选择:包括试验系统、数据管理和评估模块,可以选择试验系统进行实时数据采集和评估,可以对数据库中数据进行相关操作以及数据分析操作。
- 3) 数据分割:将实时测试得到的数据进行数据分割以进行相应数据分析,或者可以选择实时存入数据库,以便后期数据处理或离线测试数据分析评估。
- 4) 试验项目选择:依据国军标 GJB 181A-2003 中的参数要求,将数据分析模块划分为电气性能、安全性能、力学性能和可靠性能等几个不同的模块。
- 5) 系统评估算法:通过相关理论方法,建立针对直升机电源的评估指标体系,在现有模糊理论与贝叶斯融合方法的基础上进行试验系统综合评估^[7]。
- 6) 数据处理:试验数据以“波形图”或“频谱图”的形

式,或者将系统评估的结果以用户定制的报表形式生成。

5 系统评估策略

将通过建立一套客观的评估策略和方法,实现对电源系统的状态性能的综合评估。如图3所示,采用“性能评估指标体系”,将设计指标、故障指标等综合考虑,结合模糊理论与贝叶斯网络等方法,将各指标节点赋予经过模糊综合评判方法得到的权重^[8],得到直升机电源性能评估的量化指标,实现对电源系统的设计性能评估。

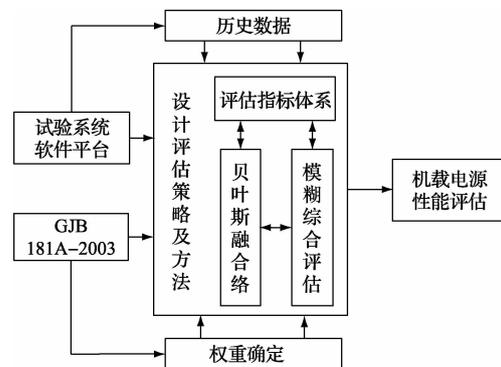


图3 评估策略体系

针对直升机电源系统的研制特点,运用系统工程原理,通过任务目标的分解,以及技术指标的分析,在确定设计目标的基础上进行逐层分解,构建可用于直升机电气系统设计性能的评估、权衡、优化的指标体系。

通过对各种电源长期的记录数据分析,利用各基本参数与电源系统工作时间之间的相关性大小进行排序,按照指标选择的完整性、可运算性、可分解性、无冗余性、极小性5个原则,建立了先进直升机电源系统设计的评估指标体系,如图4所示。

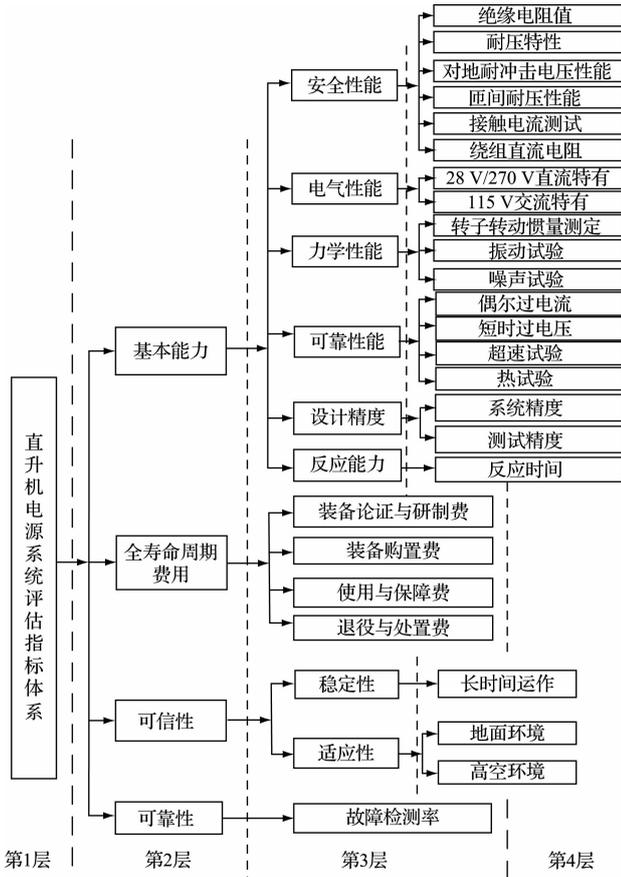


图4 系统评估指标体系递阶层次

系统设计的基本能力指标是指当系统在执行任务过程中对系统达到任务目标和实现任务功能的能力的度量^[9],是系统性能的主要体现。根据国军标GJB181A-2003的要求,系统需要满足的性能项目有:直流电压、交流电压、时间、频率、动态测试以及输出各种激励信号;系统的设计精度包括系统设计精度和系统的测试精度;反应能力主要指系统的响应(反应)时间。

在系统的设计阶段,还应包括设计生产的经济效益,系统全寿命周期费用是一种衡量系统总费用和经济性的综合参数,它考虑的是系统全过程的费用,是在总体度量系统的经济效益的主要指标^[10]。

可信性指标是对系统在执行任务过程中系统状态的

量度,其能否长时间工作或者其在不同环境中运转的效果是否有较大偏差是先进直升机电源系统设计评估中的可信性指标所需考虑的重点。

系统的设计的可靠性是评估的关键指标之一^[11]。而由于系统设计阶段没有使用故障,针对直升机电源系统设计评估的可靠性指标,采用故障检测率作为设计阶段可靠性指标的主要判断依据。

6 系统验证

为了验证系统可行性,利用本系统对低压直流电机的转速和转矩进行了并行测试。如表2所示在不同时间测得的转速和转矩数据与之前现场试验人员人工得到的试验数据的对比,通过数据可以看出系统得到的转速和转矩与人工读取的数据比较接近,说明了测试时间数据处理的结果是令人满意的,证明了系统的可行性,同时,测试时间比人工减少了近20倍。

表2 人工和系统测得转速和转矩的数据对比

时间/s	人工读数		系统测试	
	转速 /(r/min)	转矩 /N·m	转速 /(r/min)	转矩 /N·m
2	150.1	1.4	150.132	1.472
4	320.4	1.5	319.232	1.573
6	468.5	1.6	469.587	1.631
8	600.0	1.7	600.053	1.732
10	765.3	1.6	764.136	1.734
12	922.4	1.7	924.113	1.746
14	1 094.3	1.7	1 010.232	1.684
16	1 186.4	1.6	1 191.018	1.651
18	1 2103.2	1.4	1 213.236	1.396
20	1 256.3	1.3	1 259.721	1.386
22	1 276.6	1.3	1 280.365	1.356
24	1 296.2	1.3	1 300.526	1.331
26	1 300.6	1.2	1 303.152	1.234
28	1 324.2	1.1	1 329.547	1.176
30	1 351.2	1.2	1 355.417	1.284
32	1 382.3	0.9	1 385.134	0.923
34	1 396.5	0.7	1 400.325	0.812
36	1 421.3	0.5	1 425.641	0.613
38	1 458.6	0.3	1 461.325	0.362
40	1 448.5	0.1	1 452.125	0.093

与其他试验系统相比,本系统的测试速度快,试验数据精度可调节,可以满足不同试验的精度要求;能够实现多种参数的并行测试,并实时对数据进行快速复杂的分析和处理;自动完成数据曲线的绘制和输出,图5和6分别为系统得到的转速和转矩的测试曲线;基于虚拟仪器的试验系统实现了试验仪器设备的高度集成和系统化,大大缩短电机试验的周期,提高了工作效率。

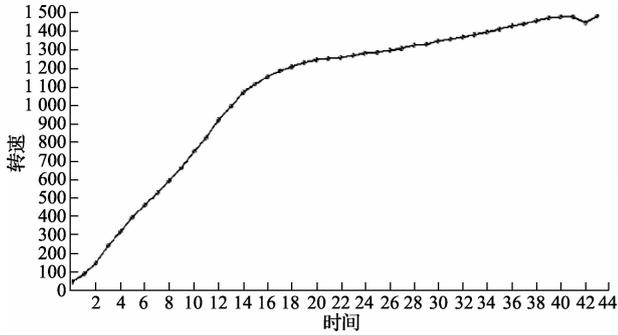


图5 转速曲线

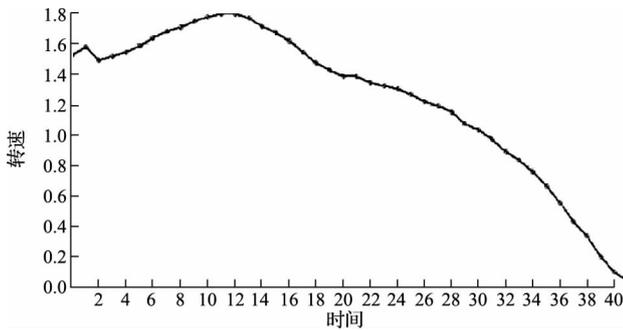


图6 转矩曲线

7 结论

本文说明了基于虚拟仪器搭建直升机电源的试验系统的可行性,解决了直升机各种电源试验项目管理、数据采集、数据分析和性能评估的系统化设计问题,缩短了电源试验测试周期,节省了大量的人力和物力,提高了工作效率。同时,该系统具有性能高、扩展性强、开发时间短、集成度高等特点,但是在工程实际运用当中,也发现了系统抗干扰能力弱和系统界面不完善等问题,这些在以后的研究中要逐渐解决,并且在系统功能上要进一步完善,尝试增加系统的频谱分析能力,研究多人多出的动态测试方法,不断提高试验系统测试能力。

参考文献

- [1] 王浩. 直升机电源系统技术发展概况[J]. 科技资讯, 2011(22):1-1.
- [2] 才家刚. 电机试验技术及设备手册[M]. 北京:机械工业出版社,2013.
- [3] 路亚峰,陈义军,温新岐,等. 虚拟仪器技术研究现状与展望[J]. 国外电子测量技术,2010,29(11):35-37.
- [4] 周律,朱金龙,周显明,等. 基于虚拟仪器的电子镇流器自动化测试系统[J]. 仪器仪表学报,2015,36(6):1302-1304.
- [5] 郭北涛,柳洪义,曹阳,等. 基于虚拟仪器技术的电磁阀综合特性测控系统[J]. 仪器仪表学报,2010,31(2):293-298.
- [6] 赵光磊. 机载测姿系统的试飞测评技术综述与评价[J]. 电子测量技术,2014,37(10):1-4.
- [7] 刘洪杰,周汉义,许劲松,等. 机载400Hz电源品质测试系统研制[J]. 计算机与现代化,2010(5):202-206.
- [8] 张庆洪,张桂香. 汽车性能虚拟测试系统的设计与实现[J]. 电子测量与仪器学报,2013,27(11):1047-1053.
- [9] 蔡瑾曜,刘杰,黄珂,等. 船载测控系统可靠性综合评估方法研究[J]. 国外电子测量技术,2014,37(7):111-114.
- [10] 梁旭. 并行测试及自动测试系统关键技术研究[D]. 北京:北京航空航天大学,2006.
- [11] 蔡林,张玲,杨善水,等. 大型飞机供配电系统可靠性评估与分析[J]. 航空学报,2011,32(8):1488-1496.

作者简介

陈超,1983年出生,工学硕士,主要研究方向为电机与电气。

E-mail:82877466@qq.com