

飞机电源性能参数测试系统的误差分析与处理

顾志兰¹, 王莉²

(1. 盐城工学院 电气学院, 江苏 盐城 224051; 2. 南京航空航天大学 自动化学院, 江苏 南京 210016)

摘要:介绍了基于VXI总线的飞机电源性能参数测试系统,对系统中存在的粗大误差、随机误差、系统误差进行了分析。通过若干次采样、数据处理,找到了相应的处理方法,并在实践中进行了运用。实验证明,该误差处理方法对提高飞机电源性能参数测试系统的精度是有效的。

关键词:误差;测试;飞机电源

中图分类号:TM93

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2009)01-0040-03

为了验证飞机供电系统的设计制造是否满足给定的要求,必须对其供电品质进行系统的测试^[1]。南京航空航天大学航空电源重点实验室研制了基于VXI总线的飞机电源性能参数测试系统,该系统能进行实时、高精度的多路信号测量,研制工作中,本人参与组建、调试了硬件系统、编制了软件处理程序、对系统误差与随机误差进行了分析与处理,最终使该系统性能稳定、精度

高,可满足飞机电源系统的测量工作,能为飞机电源的定型制造提供依据。本文重点介绍该测试系统的误差分析与处理。

1 飞机电源性能参数测试系统简介

飞机电源性能参数测试系统工作流程如图1所示。

本系统的精度取决于输入输出接口(调理电

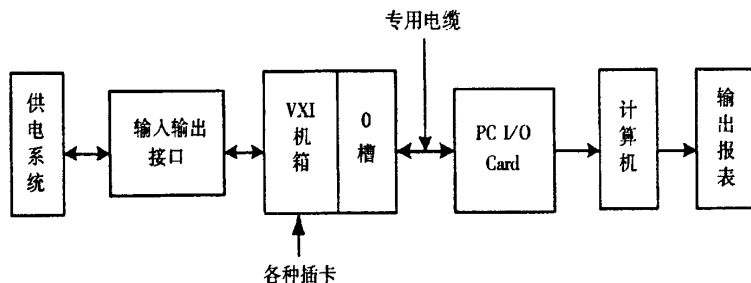


图1 测试系统工作流程图

Fig. 1 Working flow chart of the test system

路)、A/D转换器的精度、软件处理精度,当然,采样频率和采样周期也是决定性因素之一。根据误差的性质和特点,一般将其分为粗大误差、随机误差和系统误差3类。本文分别研究了该系统中的3类误差处理方法。

2 粗大误差的处理

本系统中粗大误差的出现可能源于飞机电源系统中偶然出现的毛刺,它的存在大大影响测量结果的准确性,我们采用一阶差分方程

$$\hat{x}_i = x_{i-1} + (x_{i-1} - x_{i-2}) \quad (1)$$

收稿日期:2008-11-26

作者简介:顾志兰(1969-),女,江苏盐城人,硕士,高级实验师,主要研究方向为微机原理的教学和科研。

式中 $\hat{x}_t$ 为 t 时刻的预测值; x_{t-1} 为 t 时刻前 1 个采样点的值; x_{t-2} 为 t 时刻前 2 个采样点的值。

由式(1)可知, t 时刻的值可以用 x_{t-1} 和 x_{t-2} 时刻的取值来推算。当数据采样频率比物理量变化的最高频率大得多时,这种预测方法有足够的精度。我们用 t 时刻的预测值和 t 时刻的实际数据值进行比较,然后来判断 t 时刻的实际数据值是否为奇异项。其判断的准则是,给定一个误差窗口 W ,若 t 时刻的实际数据为 x_t ,当 $|x_t - \hat{x}_t| > W$ 时,则认为此采样值不符合正常变化规律,是奇异项。一般误差窗口 W 的大小要根据数据采集系统的采样频率和物理量的变化特性决定^[2]。

根据上述理论,编写交、直流稳态电压和电流测量数据奇异项的检出程序。设定相对误差为 10%,用差分方程计算出某点的预测值与该点实际采样值比较,若相对误差大于 10%,则该点为奇异项。检出奇异项后就在该点位置上补上一个与预测值相等的数据点。

3 克服随机误差的软件处理方法

在实际的被测信号中,往往含有各种噪声和干扰,它们来自被测信号本身、传感器、电磁干扰或 A/D 变换器的量化效应等,其振幅和相位随时间的变化是不规则的,因此它们对测量结果的影响属于随机误差的范畴。这里利用微处理器功能,对测量的结果采用一定的软件处理方法,可以减小测量中的随机误差。对于某被测量 n 次独立的、无系统误差的等精密度测量,得到 n 个测量数据 $x_1, x_2, \dots, x_n$,则被测量最可能的估计值为全部测量数据的算术平均值 $\bar{x}$,这称之为算术平均值原理,即

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i (n \rightarrow \infty) \quad (2)$$

按算术平均值原理等精密度重复测量可使随机误差对最后结果的影响减小到最低限度。

本系统在计算电压、电流有效值、谐波含量、电压调制参数时,皆尽量提高采样频率、增加测试周期,尽可能地减小随机误差。

4 系统误差的分析与处理

4.1 LEM 型电流、电压传感器引起的误差

本系统调理电路中的传感器有多个 LEM 霍尔模块型电流传感器、LEM 模块型电压传感器。电压、电流传感器所产生的误差,一方面由其自身

的精度引起,另一方面还受传感器的使用正确与否和外磁场干扰的影响。

LEM 霍尔电压、电流传感器的线性度好,精度高,但使用不当也会引起测量误差,如当直流电流通过原边线圈时,传感器尚未接电源,或者次级线圈开路,使次级线圈回路不能提供相应的补偿电流,造成聚磁环磁化,产生剩磁,从而影响测量精度^[3]。

本系统一方面将 LEM 模块放入磁场屏蔽罩中以避免外磁场的干扰,另一方面严格遵守系统测试操作程序,使整个系统只有在传感器接通电源的条件下才有可能开始测试,以避免聚磁环被磁化。

表 1 5 A 量程传感器系统误差的校正

Table 1 error correction of 5 A current range sensor system

输入值	变比	输出值	绝对误差	相对误差
2.702	1:1	2.662	-0.04	-1.480%
2.723	1:1	2.682	-0.041	-1.506%
2.738	1:1	2.7	-0.038	-1.388%
4.557	1:1	4.478	-0.079	-1.734%
4.641	1:1	4.573	-0.068	-1.465%
4.923	1:1	4.847	-0.076	-1.544%
4.947	1:1	4.874	-0.073	-1.476%
5	1:1	4.912	-0.088	-1.760%
...				

经过多次重复测量,测量结果见表 1,证实了调理电路存在系统误差。此系统误差有这样几个来源:5 A 电流传感器误差为 $\pm 0.5\%$; PM3300 功率分析仪测量误差为 $\pm 0.05\%$; 采样电阻的精度为 $\pm 0.1\%$; 接线误差等。在这里将每路输出用输入值 = $\frac{\text{输出值}}{1 - 0.4\%}$ 的方法来减小系统误差,实践证明此方法是行之有效的。

4.2 非同步采样引起的误差

同步采样是指被测周期信号 $f(t)$ 在时间区间 $[t_0, t_0 + T]$ 内按等间隔 T_s 采样 $N + 1$ 个点,它要求 1) 采样间隔相等; 2) 采样间隔乘以 N (N 为每周期的采样点数) 应严格等于被测信号的周期,即 $T_s \times N = T$ 。如果恰好等于被测信号的 1 个周期,则为理想化的同步采样,当采样点数符合采样定理时,不存在同步采样误差^[4-5]。但在实际的微机测试中,被测信号周期和采样间隔一般以微处理器的计数值表示,为正整数,在除法运算时会

产生舍入误差,这样,采样间隔 $T_s \neq T/N$,从而引起同步误差(称周期误差),其大小为:

$$\Delta T = N \times T_s - T \quad (3)$$

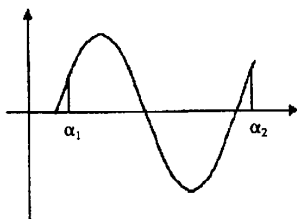


图 2 同步误差的产生

Fig.2 Occurrence of the synchronous errors

如图 2,设测试系统的第 1 个采样点在基频的 α_1 点,第 N 个采样点在 α_2 ,由于同步误差 ΔT 的存在, $\alpha_1 \neq \alpha_2$,这时实际采样间隔为:

$$T'_s = \frac{2\pi + (\alpha_1 - \alpha_2)}{N} = \frac{2\pi + \Delta T}{N} \quad (4)$$

由此可见,同步误差是由于测试系统所用的微处理器的系统频率不能无限高,其计数周期不能无限小、电网电压的波动等因素引起的。

实际工作中,不可能做到同步采样,这就引起了非同步采样误差。当存在同步误差时,采样起始点位置与有效值、有功功率测量方法误差有关系。选择适当的采样起始点位置可减小甚至可消除同步误差对信号有效值、有功功率的影响。在“最佳采样起始点”附近采样时,误差很小,工程实现方便。传统的“过零点采样”恰是一种不利于抑制同步误差影响的方法。

利用 HP VEE 中任意波形发生器产生标准波形进行仿真实验,可以得出:测量正弦波信号的有效值“最佳采样起始点”在 0° 左右;测量正弦波的谐波含量,“最佳采样起始点”在 60° 左右。表 2 为不同采样起始点同步误差与有效值误差、有功功率测量误差的关系。

表 2 不同采样起始点同步误差与有效值误差、谐波含量误差的关系

Table 2 Relationship between synchronous errors, effective value errors and harmonic wave content errors at the different starting points of samplings

采样起始点	电压有效值	总谐波含量	波峰系数	偏离系数	频率
0°	114.976 509v	2.639%	1.414 212 7	2.445	399.924 896 Hz
10°	114.975 594v	1.659u%	1.414 208	4.989 78u	399.921 875 Hz
20°	114.975 594v	2.873u%	1.414 19	4.891 865u	399.921 844 Hz
30°	114.975 548v	3.891u%	1.414 213 6	4.692E-6	399.839 63 Hz
45°	114.963 867v	0.986 2%	1.414 36	2.445 756	399.921 84 Hz
60°	114.975 594v	1.659u%	1.414 213 6	4.692E-6	399.921 87 Hz
75°	114.975 548v	3.891u%	1.414 213 61	4.692 4E-6	399.921 83 Hz
90°	114.975 632v	0.657 9%	1.414 213	2.445	399.921 84 Hz

注:表 2 中标准信号的有效值为 115 V,频率 400 Hz。

4.3 非同时采样引起的误差

在计算功率时,对电压、电流采样的同时性要求很高,如果电压、电流采样不同时,相差 t 时间,则测得的功率中将有非同时采样误差:

$$\delta = |\omega t \tan \varphi| \times 100\% \quad (5)$$

式中 φ —功率因数角; ω —采样信号的角频率^[6]。

由式(5)知,随着功率因数的减小,非同时采样误差将急剧增大,因此系统应充分考虑这一误差。因使用 1 个 A/D 转换器无法完成对电压信号和电流信号同时采样的任务,所以本系统采样时同时启动 3 个 A/D 转换器,让电压模拟量和电流模拟量分别进入 A/D 转换器,从而使非同时采样误差对系统精度的影响达到最小程度。

5 结论

设备选择是关键,误差处理也很重要。通过以上的误差处理,该测试系统的测量精度如下。

稳态电压: $\pm 1.0\%$

瞬态电压: $\pm 0.5\%$

稳态频率: $\pm 0.4\%$

电流: $\pm 1.0\%$

相移: $\pm 0.5^\circ$

功率: $\pm 1.5\%$

实践证明,该系统能为国产飞机电源系统的设计定型提供有力的依据。

(下转第 52 页)

Intelligent Password Electronic Lock Design

Gu Guang-xu

(School of Electrollics, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract: The hardware circuit and software design method of the password electronic lock based on the Single Chip Microcomputer named AT89C52 were introduced. The password electronic lock is mainly composed of a 4×4 matrix keyboard, four seven segment digital displays and an alarm circuit; it can set up, change, store cipher code and give an alarm of sound and light. It is suitable to hotel, offices of building, storehouses and families so on.

Keywords: single chip microcomputer; password electronic lock; alarm

(责任编辑:张英健;校对:沈建新)

(上接第 42 页)

参考文献:

- [1] 严仰光. 航空航天器供电系统[M]. 北京:航空工业出版社,1994.
- [2] 肖忠祥. 数据采集原理[M]. 西安:西北工业大学出版社,2000.
- [3] 李颂伦. 电气测试技术[M]. 西安:西北工业大学出版社,1992.
- [4] 马洪忠,胡虔生. 软件同步采样误差分析[J]. 电工技术学报,1996,11(2):25-28.
- [5] 曹玲芝. 变压器自动测试系统的误差分析与处理[J]. 郑州轻工业学院学报,1997(3):24-27.
- [6] 方辉. 误差、相对误差、引用误差的不确定度和误差的相对不确定度辨析[J]. 计量与测试技术,2006(5):30-33.

Error Analysis of the Performance Parameter Test System of Plane Power Supply and its Solution

GU Zhi-lan¹, WANG Li²

(1. Electrical Engineering College of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China;
2. College of Automation Engineering of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Jiangsu Nanjing 210016, China)

Abstract: This paper introduces the performance parameter test system of plane power supply, which is based on VXI BUS, and also analyzes the gross errors, random errors and systematic errors. The corresponding solutions have been achieved after many times sampling and data processing. The experiments have proved that the proposed methods to revise the errors mentioned in this paper are valid to increase the precision of the performance parameter test system of plane power supply.

Keywords: error; test; plane power supply

(责任编辑:张英健;校对:沈建新)