

微机在疲劳试验自动化中的应用

南京航空学院 杨大曼 庄忠良 鲁启新

一、微机调控系统的检测和控制

在航空叶片振动疲劳试验自动化中^[1]根据疲劳振动试验的参数要求,调控系统组成如图1所示。其中A/D装置的转换时间为 $20\mu s$,D/A装置的转换时间为 $3\mu s$ 。在D/A板上还装有由两个16Bit计时器构成的32Bit计时器,并由软件规划成按日、时、分、秒计时的时钟。该时钟由微处理器1MHz的主脉冲驱动,计时准确性甚高,用来统计叶片的振动疲劳寿命。

试验系统中采用叶片的固有频率作为主振信号,通过涡流式振幅传感器拾振产生的电信号作为系统的信号源。启动试验系统,调节激振器的振动和叶片振动的相位差使叶片共振,并对叶片的频率采样。激振频率自动跟随叶片固有频率,叶片破坏时自动停振、打印试验结果并发出音乐声提示操作员试验结束^[2]。

从叶片共振到破坏,其共振频率不变,因此共振后采样频率可视为叶片固有频率 F ,并作为判别叶片破坏的依据。设 F_0 为叶片出现始裂点的临界频率,则 $F_0 = F(1 \sim 2\%)$ 。

CPU比较采到的频率与 F_0 ,自动检测叶片是否已产生裂纹。若 $F < F_0$,表示叶片已破坏,D/A装置输出一正电压切断功放电源使系统自动停振。否则调控系统对振动试验系统进行稳幅控制:先由A/D装置对叶片振动正向振幅采样,再由CPU对采样值和激

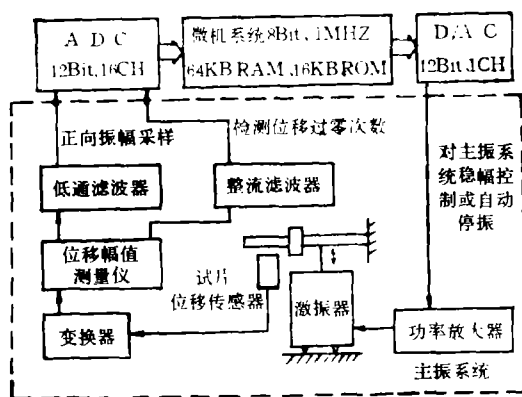


图1 微机测控系统

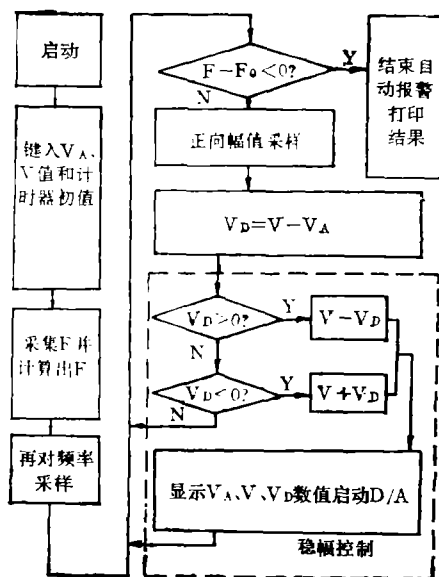


图2 主程序框图（ V_A -块加载）（一个能级的标定电压， V_D -D/A输出电压， U -D/A输出初值）

出相应电压来自动修正激励的偏差,完成稳幅控制功能(图2)。

从空测载荷谱分析可得出多级块载荷谱^[2]。根据对传感器的标定又得出振幅-电压标定值。用若干相应的电压标定值对应于多级块加载荷,用来实现对试验系统的多级块加载。

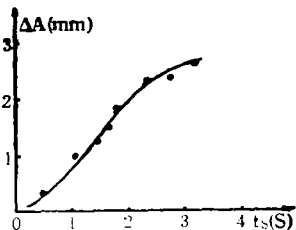


图3 叶尖振幅级间增量 ΔA 与调节时间 t_s 的关系

由于本系统是采用改变直流电压来控制振动能级的,而疲劳寿命及其分散度受载荷中最大应力影响很大,所以要求本系统在块加载过程中既要响应速度块,又不能应力超调。为此调控系统中设置了可调阻尼因子。

当过分增加阻尼因子数时,系统调节时间要增大,呈过阻尼状态,试验结果不符合块谱损伤,疲劳寿命偏大。当过分减小阻尼因子时,系统调节时间要缩短,系统灵敏度提高,但有可能出现应力超调现象,严重时会使系统失控而停机。在反复试验基础上,可得一最佳阻尼因子,使系统处于最佳状态。此时,调节时间同块谱级间应力增量的关系如图3所示。目前系统响应时间常数 $T < 1.5$ 秒,叶尖振幅稳定在2%以内。

二、程序设计思想

试验系统只能从位移传感器得到试片的振幅,不能对频率直接采样。因频率采样和自动跟踪是该系统的重要环节。故采用下述设计思想实现频率采样。

叶片振动频率可由单位时间内位移信号过零(位移坐标原点)的次数算出。叶片位移过零有两种可能:一是采样的位移恰好为零,此概率甚小;二是相邻两次对叶片位移采样的方向相反时,其间至少有一次过零。问题在于是否每次过零必然被捕捉到而无一遗漏。

根据采样定理:采样频率 f_s 至少必须大于它们的信号频率 f_m 的二倍。 A/D 装置的采样频率为2万次/秒,发动机一弯振动谱有效频带为140Hz~200Hz^[3]。但采频子程序不仅信号采样,还要对采样信号进行判别和处理。若采频子程序以50条最长指令周期(7 μ s)计算,需35 μ s(实际程序少于50条),即每个振动周期里调控系统最少可采集14点,充分满足采样定理。

计算频率的单位时间由采频子程序的执行时间算出、再由1/60秒表校准,得出的0.5秒。这种方法不是很准确,但不会影响对试片破坏与否的判别。因为试片是否破坏是由 $\Delta F = F - F_0$ 来判别的。在 ΔF 中时间的误差被抵消,从而保证了对疲劳寿命判断准确无误。

本系统经钛合金平板试片长时间试验,对微机检测与控制的理论和方法做出了成功的验证。后又用于国产某型发动机叶片的结构寿命试验,对系统的稳定性进行了严格的考验。目前正进一步改进,以期用于叶片高阶振动疲劳寿命试验和航空燃滑油系统高压油管的疲劳试验。

参 考 文 献

- [1] 鲁启新、吴铁鹰,“航空涡轮喷气发动机叶片振动疲劳试验的自动化”南京航空学院学报,第8期 1984年。
- [2] 鲁启新、庄忠良,“程控振动疲劳试验系统”,航空动力学报,第1卷,第2期,1986年。
- [3] 朱朝栋,“涡喷六发动机压气机第一级转子叶片振动载荷谱空测研究”,试飞中心资料,1980年。

(责任编辑 李其汉)

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SUDDEN IMBALANCE RESPONSE ON A FLEXIBLE ROTOR SYSTEM WITH SQUEEZE-FILM DAMPER

Fu Caigao and Li Xifan (*Gas Turbine Establishment*)

An experimental method is used to investigate suddenly applied imbalance responses of a flexible rotor with an uncentralized squeeze-film damper. The results show that the unstable transient process in this system is very short, and only after a few cycles the system recovers to steady state on new vibration level. The squeeze-film damper system has a limited capability of sudden subjection to the imbalance load. The limits depend mainly on the oil-film clearances of the damper. This work will be helpful for selecting squeeze-film parameters and experimental method of suddenly applied imbalance.

VARIATION OF CRITICAL SPEED OF A ROTOR-BEARING SYSTEM WITH SLIGHT RELOCATION OF BEARING

Li Yan and Yin Zeyong (*Nanhua Power Plant Research Institute*)

A formula has been derived for calculating the variation of critical speeds of a rotor-bearing system with slight change of bearing position. The formula can determine which bearing should change position and in which direction it should move so that the desired critical speeds of the system could be reached. The formula has been applied to rearranging the bearings of a certain aeroengine so successfully that its critical speeds are farther away from the working speed range than before.

APPLICATION OF MICROCOMPUTER TO AUTOMATIZING FATIGUE TESTING

Yang Daman, Zhuang Zhongliang, Lu Qixin

(*Nanjing Aeronautical Institute*)

This paper describes how a microcomputer is applied to a blade fatigue testing system. Automatic checking and controlling of blade fatigue testing in the system are implemented with the aid of a nest-form of assembly language and high-level language. The system can also be used for fatigue testing of fuel or oil tubes.