

文章编号: 1000-8055(2000) 01-0099-03

航空发动机量测系统的故障检测

王 镛 根 田 霖 纛林峰

(西北工业大学 709 教研室, 陕西 西安 710072)

摘要: 本文研究航空发动机全权限数字电子控制中的量测系统的故障检测, 着重研究绕回检测技术, 并对模拟通道在各种故障情况下的绕回检测进行了实验研究。

关 键 词: 航空发动机; 检测; 故障检测

中图分类号: V 233. 7

文献标识码: A

1 引 言

量测系统是全权数字电子控制(FADEC)对发动机进行控制和监视的重要信息通道, 这些信息包括温度、压力、转速、流量、位置、振动和大气数据等, 有模拟量、数字量(频率量)和开关量, 类型不同其处理方法亦不同。

对于模拟信号, 如油门杆角度、发动机各截面的压力、温度、流量以及飞行高度、马赫数等, 须经过信号检测、信号调理、多路开关切换、信号放大与隔离、A/D 转换进入 CPU。而频率信号, 主要是高低压转子的转速和燃油流量等, 则须经过滤波、放大、整形、隔离和 F/D 变换进入 CPU。开关信号主要是各操纵开关、火焰传感信号、监视与保护信号器的输出信号等, 经过整形、电压变换和隔离进入 CPU。

信号从量测系统的输入到输出经过了许多环节, 而每一环节均以串联形式构成系统的一个单元, 因此, 可靠和稳定的量测系统对发动机控制系统的正常工作有着重要影响。

2 量测通道的绕回检测

2. 1 绕回检测

造成量测通道的故障除了线路损坏或芯片失效外, 还有以下众多原因: 集成多路开关的泄漏电流增大、开关电阻的一致性发生变化、开关动态参

数的变化; 干簧式多路开关的触点接触不良或动态响应性能恶化; 隔离测量放大器的隔离性能或传导性能下降; 采样保持器的模拟开关的极间寄生电容增大或保持电容漏电流增大等等都会引起量测通道输出信号失真。由于故障原因是非常复杂, 要准确和具体检测出某一功能电路的故障是十分困难的, 但是, 无论是什么原因引起的故障, 其最终在进入微处理器时, 都表现为数据的突变或漂移或恒定, 因此, 常将整个量测通道作为一个对象, 采用通道绕回检测方法能够快速而准确地发现系统故障, 绕回检测结构如图 1 所示。

输入信号经过状态转换开关到信号调理电路, 进行放大、整形、滤波和电压变换, 然后经信号隔离进入 A/D 或 F/D 转换器, 转换器输出的数字量 DO 经过缓冲或锁存送入微处理器系统的 RAM 存储。

处理器将状态开关从测量状态转换到绕回状态, 同时把 DO 数据通过输出缓冲器送入 D/F 或 D/A 转换器, 对采样数据进行反变换, 再经过信号调理电路, 使输出信号 V_o 的幅值或频率与 V_i 相适应。处理器对反馈信号 V_o 再次采样, 得到数据 D1。处理器对两次采样数据 DO 和 D1 进行比较, 并按以下准则判断: 当 $|D0 - D1| \leq \epsilon$ 时, 量测通道无故障; 当 $|D0 - D1| > \epsilon$ 时, 量测通道故障。其中: ϵ 为量测系统的容许偏差。

值得注意的是上述方法可以检测出通道的漂移型故障和瞬时干扰型故障, 但对通道的短路性

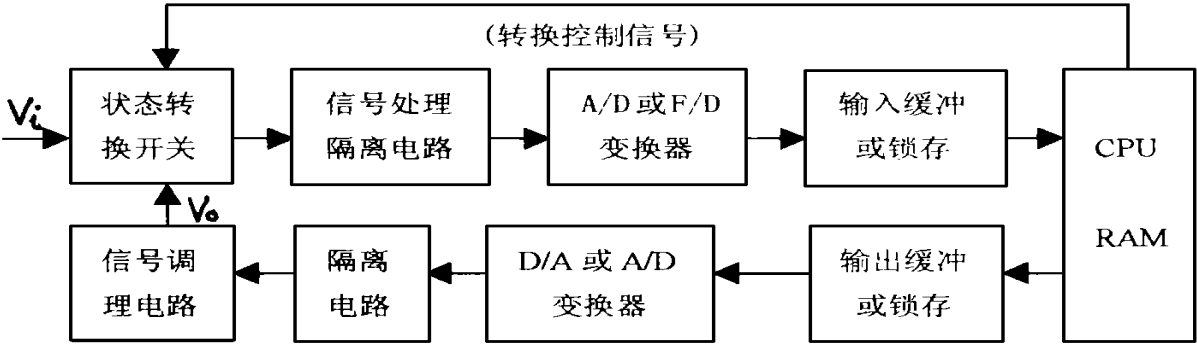


图 1 通道绕回检测结构图

故障和断路性故障的检测无效。这是因为断路型故障表现为采样值的饱和,而短路型故障表现为采样值的恒定(常为 0),改进的方法是在正常的绕回检测后,如果判断为通道无故障,则 CPU 再输出一个较大的数据(如 80H),并采样,然后判断绕回采样值是否与输出数据接近,如相差 2LSB (A/D 或 F/D 转换器的最低有效位) 以上,则通道发生了短路故障或断路故障。

2.2 绕回检测模拟试验

因限于篇幅,本文只给出对模拟通道进行绕回检测的试验结果。

输入信号由高稳定度的稳压电源通过电位计 W1 来产生 0~5 V 的电压,A/D 的基准电压(2.5~8.0 V)通过电位计 W2 产生,电位计 W3 用于调节 D/A 的输出变换电压使之与输入通道匹配。A/D 的基准电压 $V_{ref} = 5.0\text{ V}$,改变输入信号的电压值,并进行绕回检测,测试结果见表 1。

漂移故障检测:分别使 A/D 的基准电压 $V_{ref} = 5.1\text{ V}$ 和 5.2 V ,即分别有 2% 和 4% 的漂移,测试结果见表 1。

漂移分别为 2% 时(即 $V_{ref} = 5.1\text{ V}$) 和 4% 时的多次绕回检测的结果见表 2。

表 1 绕回检测

	正常情况				漂移为 2% ($V_{ref} = 5.1\text{ V}$)					漂移为 4% ($V_{ref} = 5.2\text{ V}$)					
序号	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6
V_i/V	0.002	1.001	2.501	4.986	1.320	1.355	1.425	2.879	4.501	0.778	0.794	0.810	1.042	2.503	4.602
D0	00H	33H	80H	FFH	42H	44H	48H	91H	E2H	26H	27H	28H	33H	7BH	E3H
V_o/V	0.003	1.004	2.505	4.996	1.289	1.328	1.406	2.832	4.414	0.742	0.762	0.781	0.996	2.401	4.433
D1	00H	33H	80H	FFH	41H	43H	46H	8EH	DFH	25H	26H	26H	31H	76H	DAH
误差	0LSB	0LSB	0LSB	0LSB	-1LSB	-1LSB	-2LSB	-3LSB	-4LSB	-1LSB	-1LSB	-2LSB	-2LSB	-5LSB	-9LSB
结论	正常	正常	正常	正常	正常	正常	故障	故障	故障	正常	正常	故障	故障	故障	故障

表 2 多次绕回检测

	漂移为 2% ($V_{ref} = 5.1\text{ V}$)					漂移为 4% ($V_{ref} = 5.2\text{ V}$)						
序号	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7
V_i/V	0.201	0.550	0.603	1.503	4.611	0.287	0.310	0.334	0.552	1.501	2.504	4.721
D0	0AH	1CH	1DH	4CH	E7H	0EH	0FH	10H	1BH	4AH	7BH	E8H
一次	0AH	1BH	1CH	4BH	E3H	0DH	0EH	0FH	1AH	47H	76H	DEH
二次	09H	1BH	1BH	4AH		0DH	0EH	0EH	19H	46H	75H	DDH
误差	-1LSB	-1LSB	-2LSB	-2LSB	-4LSB	-1LSB	-1LSB	-2LSB	-2LSB	-4LSB	-5LSB	-11LSB
结论	正常	正常	故障	故障	故障	正常	正常	故障	故障	故障	故障	故障

短路型或断路型故障: 分别使 A/D 的输入端 IN0 短路或断路, CPU 向 D/A 写入数据 80H, 试验结果见表 3。

表 3 短路和断路的检测结果

项目	V_0/V	采样数据	结 论
短路	2. 508	00H	短路故障
断路	2. 510	FFH	断路故障

模拟实验结果表明:

- (1) 当 A/D 基准电压(5 V) 正常时, 绕回检测所得结论亦正常。
- (2) 当 A/D 基准电压(5 V) 漂移 2% 时, 在小信号输入时, 出现误判, 门限值约为 1. 36V; 当漂移 4% 时, 虽出现误判, 但可检测的信号范围变大, 门限值约为 0. 802 V。
- (3) 多次绕回检测均比一次绕回检测的门限值有大幅度降低, 但绕回次数大于 3 次时对门限值影响不大, 这主要是 A/D 转换比的分辨率所致。因此, 一般采用 2~3 次绕回检测, 可以提高检测的灵敏度, 对漂移故障有较高的覆盖率。(4) 对断路或短路故障, 绕回检测非常正确。

3 小 结

- (1) 绕回检测实现了从信号的输入到输出的

全过程中所有元件及部分 RAM 存储器和部分 CPU 功能的监控, 检测过程的时间开销为几个采样周期, 是一种实时性较好、简单可靠的自检方法。

(2) 模拟通道检测的通道允许误差一般取 A/D 变换的 1LSB(最低有效位), 最大不超过 2LSB; 频率通道的允许误差取 1LSB; 开关通道的允许误差取 0。

(3) 为有效和全面检测 FADEC 系统的通道工作环境, 绕回检测应涉及到每一个输入、输出通道, 并对不同类型的信号通道采用不同的检测方法。对模拟通道的绕回检测, 系统需增加一条模拟输出通道(FADEC 系统一般采用 PWM 方式输出), 并保证输出通道的性能与模拟通道相匹配。对频率通道的绕回检测, 由于信号一般要经过 F/D 转换, 所以输出通道的 PWM 信号也应进行变换调理, 使频率相匹配。对开关量输入通道的检测较为简单, 一般不增加任何硬件开销。

参 考 文 献

1 马乾焯. FADEC 故障检测[C]. 第八届航空发动机控制技术研讨会论文集, 1996

2 采用微处理器监控发动机电子控制器的故障[C]. 国外航空技术—发动机专刊, 1982

(责任编辑 王震华)

Fault Detection of Measuring Channel in Aeroengine FADEC System

Wang Yonggen, Tian Lin, Gou Linfeng

(7th Dept. Northwest Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: Fault detection of measuring channel in aeroengine Full Authority Digital Electronic Control (FADEC) system is investigated, especially aroundback detection is researched. The causes of the measuring channel faults have been revealed, meanwhile, the principle figure of the aroundback detection is also provided. The simulation of A/D transformer for the aroundabck detection simulation tests indicates that multi- aroundback detection range is larger than singe- aroundback one. When the aroundback detection processes small signals, it may cause error. The accuracy is 100% in detecting short circuit and open circuit by aroundback detection.

Key words: aeroengine; measuring; fault detection