

寄生振荡电路对液体轨姿控发动机 电磁阀门阻值测试影响研究

庞 军

(海军驻西安导弹设备军事代表室, 陕西 西安 710000)

摘 要: 当液体轨姿控发动机所处的测试环境、电磁环境比较复杂, 供配电线路干扰较大时, 多功能测试仪测试发动机回路阻值结果可能会偏离实际值, 出现测试值整体失真现象, 主要原因是多功能测试仪对电感性负载测试过程中, 存在寄生振荡电路的影响。通过试验验证, 在测试电路中增加消振电容, 能够有效地消除寄生振荡, 解决回路阻值测试整体失真问题。

关键词: 寄生振荡电路; 液体火箭发动机; 电磁阀; 测试

中图分类号: V434

文献标识码: A

文章编号: (2009) 05-0046-04

Research on parasitical monofier circuit influence on liquid orbit attitude control engine solenoid valve resistance test

Pang Jun

(Military Representative Office of the Navy Missile Armament Stationed in Xi'an, Xi'an 710100, China)

Abstract: Loop resistance values by a multifunctional tester may deviate from the real ones when test an orbit attitude control engine in a complicated electromagnetic environment with interferences. Such a test result is likely to complete distorte. The main reason is that there exists a parasitical monofier circuit during the test. The paper puts forward a method of adding shock absorber capacitance in the test circuit. Test shows that this method can effectively overcome parasitical monofier.

Key words: parasitical monofier circuit; liquid rocket engine; solenoid valve; test

收稿日期: 2009-07-14; 修回日期: 2009-09-16。

作者简介: 庞军 (1963—), 男, 高级工程师, 研究领域为液体火箭发动机。

0 引言

液体轨姿控发动机电路系统由电缆网和多台电磁阀组成，是执行发动机工作程序的系统。为了方便可靠地测试发动机电路系统，研制了专用多功能测试仪，测试发动机回路阻值、绝缘电阻及电磁阀动作电流曲线。

发动机的电磁阀线圈回路阻值测试方法是：由多功能测试仪的恒流源产生精确的微小恒定电流，流经电磁阀线圈绕组，产生直流电压降，通过对电压信号测量以及计算处理得到回路阻值，见图 1。计算公式为： $R_x=U_{ot}/I$ 。

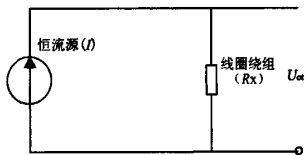


图 1 电磁阀线圈回路阻值测试原理
Fig.1 Principle of solenoid valve coil loop resistance test

电磁阀线圈具有较大电感，同时线圈自身、线圈与壳体间、测试电缆间都存在分布电容。分布电容为：由非电容形态形成的一种分布参数，一般是指在线与线之间、印制板的上下层之间形成的电容，这种电容的容量很小，但可能对电路形成影响。当多功能测试仪和被测电磁阀组处于复杂的电磁环境中，在恒流激励下容易产生寄生振荡，造成回路阻值测试结果出现失真现象。多功能测试仪线路设计中在放大器的输入端并联了 0.1uf 的电容，用于消除测量通道的振荡，同时，抑制多功能测试仪输入电流干扰也是消除寄生振荡的方法。

1 寄生振荡对电磁阀门阻值的测试影响

寄生振荡是由于电路中的寄生参数（例如分布电容、寄生电感等）形成了正反馈，并满足自激条件而产生的电振荡。寄生参数多种多样，很多难以定量分析，要彻底避免寄生振荡非常困

难。

电磁阀回路电阻测试环节主要包括：激励源、转接环节、被测部件（电阻或电磁阀）、信号调理电路四部分，见图 2。

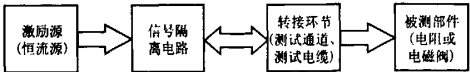


图 2 回路电阻测试环节
Fig.2 Loop resistance test block

在多功能测试仪线路设计中，多功能测试仪壳体与三芯电源线接地端（安全保护地）相连，多功能测试仪接地状态变化以及测试线缆长度的变化、接地线长度以及接地状态的不同，均可导致在进行电感性负载测试过程中发生寄生振荡，从而影响测量值的准确性和稳定性。

针对弱信号测量过程中，对感性负载测试可能发生寄生振荡的现象，在设计中一般采取并联一定容量的电容以消除电感与分布电容产生振荡的影响（以下对该电容称为消振电容），但消振电容的容值确定后，只能消除大多数情况下的寄生振荡，在特殊情况下，如外部分布参数发生变化时，仪器内部寄生电路满足自激条件，则寄生振荡仍然存在。

在某次对发动机回路电阻进行测试时，多功能测试仪供电电源通过多个接线板转接至发动机附近，回路电阻测试结果整体偏大 2~3Ω，说明寄生振荡在多功能测试仪通过多路转接环节供电的情况下仍能发生，该消振电容容值仍不能覆盖这种特殊情况。

2 验证试验

为了验证实验室测试环境与多功能测试仪实际使用环境存在分布参数和接地状态的差异，在实验室情况下模拟测试环境，改变多功能测试仪接地的转接环境，对电磁阀线圈绕组回路实际阻值为 51.90Ω，电磁阀外壳接地线电阻为 0.15Ω 的被测对象进行测试，测试数据和转接板数量的关系如表 1。

表 1 测试数据和转接板数量的关系
Tab.1 Test data vs keyset number

接线板数	1	2	3	4	5
接地线阻值/ Ω	0.13	0.32	0.58	0.85	1.16
测量值/ Ω	51.91	52.58	52.61	52.59	52.55
偏差/ Ω	0.01	0.68	0.71	0.69	0.65
接线板数	6	7	8	9	10
接地线阻值/ Ω	1.76	2.12	2.42	2.87	3.05
测量值/ Ω	52.35	52.38	52.01	51.97	51.94
偏差/ Ω	0.45	0.48	0.11	0.07	0.04

为了进一步的机理分析，下面分别对激励源、信号调理电路两部分在受外界干扰的情况下对测试的结果影响进行详细说明。

2.1 不同恒流激励源的比较

采用不同的恒流源（2400 信号源、恒流管、多功能测试仪内部恒流）分别激励电阻和电磁阀。用 2000 表和示波器分别观测电阻、电磁阀上的信号。结果为：被测部件为电阻时，信号纯净，无杂波及干扰信号；被测部件为电磁阀时，信号上叠加有较大的干扰信号，干扰信号的频率大于 100kHz。

电磁阀接地状态不同，干扰信号的幅值不同，在电磁阀壳体接地的情况下，干扰信号幅值最大。采用 2000 表测试，交流分量大于 100mV。采用其他恒流源，干扰信号的幅值略有变化，但测试信号受干扰的情况一致。

2.2 信号调理板外接情况

信号调理板外接，通过外部稳压电源给信号调理板供电，分别将电磁阀、电阻（不通过恒流源）接放大器的输入端，通过示波器观测放大器的输入、输出信号。电磁阀绕组未接激励源的情况下，在放大器的输入端可观测到一个寄生振荡信号，并且在电磁阀壳体接地的情况下，振荡幅度加剧（振荡频率保持不变）。而在进行电阻测试时，放大器的输入端没有寄生振荡信号，测试

结果正常。

根据以上两项试验可以确定：

- （1）电磁阀线圈具有较大电感，线圈自身、线圈与壳体间、测试电缆都存在分布电容，容易产生振荡；
- （2）采用不同恒流源，在电磁阀上的振荡现象一致，即回路测试中，电磁阀信号的振荡与激励源无关。

实验过程中，通过改变消振电容值，证明了随着电容量的减小，振荡信号的幅值增加，实测电阻值增大。而在电磁阀线圈电阻测量过程中，如果在放大器的输入端存在振荡信号，经放大器放大后振荡信号幅值增大，个别脉冲幅值已超满量程，就会导致回路电阻测量通道电位波动，使回路电阻测试通道工作异常，最终造成电磁阀线圈测量值失真。

3 消除寄生振荡电路的措施及试验验证

消除寄生振荡，是确保多功能测试仪测量结果准确，工作可靠的根本所在。为此，采取减少电源线转接环节和在放大器的输入低端和多功能测试仪的壳体之间联接一个 0.1 μ f 的电容（见图 3）的措施。

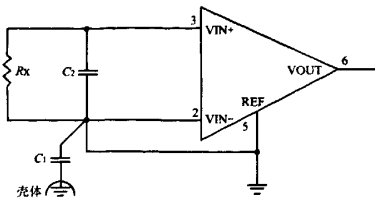


图 3 改进后回路电阻测试通道前端放大示意图

Fig.3 Sketh of improved loop resistance test channel front-end

多功能测试仪采取消除寄生振荡电路的措施后，在多功能测试仪、电磁阀外壳接地和不接地多种模式下电磁阀阻值测试无失真现象，电磁阀线圈绕组回路的实际阻值为 51.90Ω ，电磁阀外壳接地线电阻为 0.15Ω ，多功能测试仪、电磁阀外壳接地情况下的试验验证结果如表 2 所示。

表 2 测试数据和转接板数量的关系

Tab.2 Test data vs keyset number

接线板数	1	2	3	4	5
测量值/ Ω	51.92	51.93	51.93	51.96	51.95
接地线阻值/ Ω	0.13	0.32	0.58	0.85	1.16
偏差/ Ω	0.02	0.03	0.03	0.06	0.05
接线板数	6	7	8	9	10
接地线阻值/ Ω	1.76	2.12	2.42	2.87	3.05
测量值/ Ω	51.94	51.97	51.96	51.96	51.95
偏差/ Ω	0.04	0.07	0.06	0.06	0.05

4 结论

液体空间轨控发动机电路系统测试环境复杂，实验室难以模拟实际使用的测试环境，多功能测试仪测试回路电阻受到寄生振荡电路的干扰，存在测试结果失真现象，经理论分析和试验验证，在多功能测试仪回路电阻线路设计中，选取合适的消除寄生振荡的电容，无论在多功能测试仪接地状态变化或电路分布参数变化的情况

下，都可真实测试到空间轨控发动机回路电阻值。

参考文献：

[1]液体火箭发动机设计(下)[M]. 北京：宇航出版社。
[2]蒋焕文，孙续. 电子测量(第二版)[M]. 北京：中国计量出版社。
[3][美] 休泽尔，著. 液体火箭发动机现代工程设计[M]. 朱宁昌，译. 北京：宇航出版社。

(编辑：王建喜)