

基于 LabVIEW 的减压阀可靠性试验平台设计

袁德虎, 谢文华, 金惠良

YUAN De-hu, XIE Wen-hua, JIN Hui-liang

上海交通大学 机电控制研究所 SMC 技术中心, 上海 200240

SMC Technology Center, Institute of Mechatronics Control, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China

E-mail: yuandehu@163.com

YUAN De-hu, XIE Wen-hua, JIN Hui-liang. Design of test platform for reliability of pressure regulator based on LabVIEW. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(13): 220-223.

Abstract: A test platform for reliability of pressure regulator is designed according to ISO19973-4:2007. Its pneumatic circuit, electrical control circuit and controlling software system are also presented. Reliability test of pressure regulators can be conveniently carried out on this test platform, through which all of the valid data of pressure regulators from the beginning till to failure can also be acquired. And the pressure charts are automatically drawn out. Long-term test result has shown that this test platform has a good stability, high precision and obvious energy-saving advantage.

Key words: pressure regulator; reliability test; LabVIEW

摘要: 依据 ISO19973-4:2007 设计了一种减压阀可靠性试验平台, 并介绍了其气动回路、电气控制回路以及测控软件系统。利用该平台可方便地进行减压阀的可靠性试验, 可获得减压阀自开始试验到出现故障为止的全部有效试验数据, 并自动绘制压力波形。长期的试验结果证明, 该试验平台稳定性好、精度高、具有明显的节能优势。

关键词: 减压阀; 可靠性试验; LabVIEW

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2008.13.068 文章编号: 1002-8331(2008)13-0220-04 文献标识码: A 中图分类号: TP206

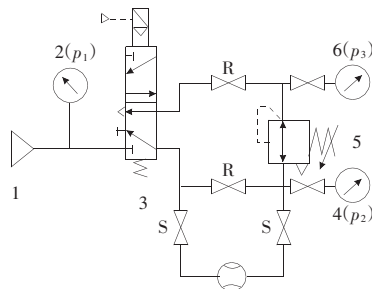
1 引言

气动减压阀是气动系统中最重要的控制元件之一, 起着减压和稳压的作用, 它的性能决定着气动系统的性能, 其可靠性也是一个非常重要的指标。在 ISO19973 系列中, 第四部分给出了气动压力调节阀可靠性评估的测试条件及要求, 据此, 设计了一种减压阀可靠性试验平台。下面详细介绍该平台的气动回路、电气回路、软件设计, 以及试验内容和步骤。

2 试验的气动回路

关于气动压力调节阀可靠性测试方法的国际标准 ISO/WD19973-4 已经颁布。在这篇文章中, 对 ISO/CD 标准回路和 JIS(日本工业标准)标准回路进行测试和对比。结果, 在 ISO/CD 标准回路中, 阀的开口量易受管道尺寸、电磁阀和测试容器变化的影响, 调节阀开口打开到某种程度后, 便立即关闭, 从不会达到完全打开状态。在 JIS 回路中, 如果不考虑试验回路技术说明的要求, 明显地看到调节阀总是完全关闭或完全开启。在同样的工作频率下, 空气耗气量比 ISO/CD 标准回路少一个数量级, 具有明显的节能优势。

目前 ISO 组织关于减压阀可靠性试验方案中最终选择了日本提案中的 JIS 试验回路, 在此也选用此回路, 试验的气动回路如图 1 所示。另外, 为了便于测量被试阀的泄漏量, 在回路中添加了手动阀 R 和 S。当打开 S 手动阀关闭 R 手动阀时, 可以在主回路上用流量计测量被试阀的泄漏量, 测量中要保证主回路上的管接件不能有泄漏。为了保证电磁阀的泄漏不影响测量, 在被试阀出口处也加上了 R 手动阀。



1-气源; 2-压力表; 3-五通方向控制阀; 4-压力传感器; 5-被测压力调节阀; 6-压力传感器

图 1 ISO/DIS19973-4.2 试验回路

基金项目: 日本 SMC 株式会社资助项目 (No. T0503-D02)。

作者简介: 袁德虎 (1979-), 男, 博士生, 主要研究领域为机电控制及运动控制; 谢文华 (1953-), 男, 高级工程师, 现代流体传动控制及可靠性; 金惠良 (1964-), 男, 副教授, 主要研究领域包括机器人(臂)动态操作, 运动控制, 非线性系统的控制, 采样控制系统及鲁棒稳定性分析, 图像处理及其在实时控制中的应用等。

收稿日期: 2007-08-20 修回日期: 2007-09-25

该试验平台可以同时进行了 20 个减压阀的完全寿命试验。所有试验系统器件均放置在一间专门的实验室中, 地面铺设地毯, 减轻试验噪声。试验平台采用了 300 L 的不锈钢密闭容器作为气容, 采用的主要气动元件包括: 电磁阀: VFR2110R-5MZC, 20 个; 残压释放阀: VHS400-02, 20 个; 压力传感器: PSE540A-R06, 61 个; 流量计: DK800-2F/4F, 1 套, 量程分别为 8 ml/min~150 ml/min (ANR) 和 50 ml/min~500 ml/min (ANR)。

3 试验的电气回路

3.1 主控制器及数据采集卡

该系统主控制器采用了 NI 公司基于 PXI 总线的 PXI-8186 嵌入式 Pentium4 控制器。

由于试验系统中配置了 20 只被试阀, 每一只被试阀都要测量其供气压力 p_1 、进口压力 p_2 和出口压力 p_3 三个压力值, 即共需 20 路 I/O 信号通道和 60 路模拟量采集通道, 故在考虑系统兼容性基础上选择了 NI 公司的 PXI-6225M 多功能 DAQ 数据采集卡。该卡是目前 NI 公司所产模拟量通道最多的数据采集卡, 具体性能如下: 16 位总线接口; 24 路数字 I/O 输出; 80 路 16 位模拟量输入通道, 采样频率可达 250 kHz; 2 路 16 位模拟量输出通道。

它可以针对每一只被试阀实现单独控制、单独采集, 提高了试验的灵活性。数据采集卡输出的 I/O 信号经过自制的驱动卡隔离后控制电磁阀切换动作, 实现减压阀全开和全闭动作过程。

3.2 系统控制回路

系统的整体控制回路框图如图 2 所示。

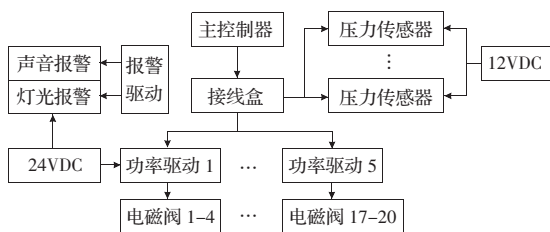


图 2 系统的整体控制回路

3.3 电磁阀功率驱动板

6225M 数据采集卡可以输出 5V TTL 电平的逻辑信号, 显

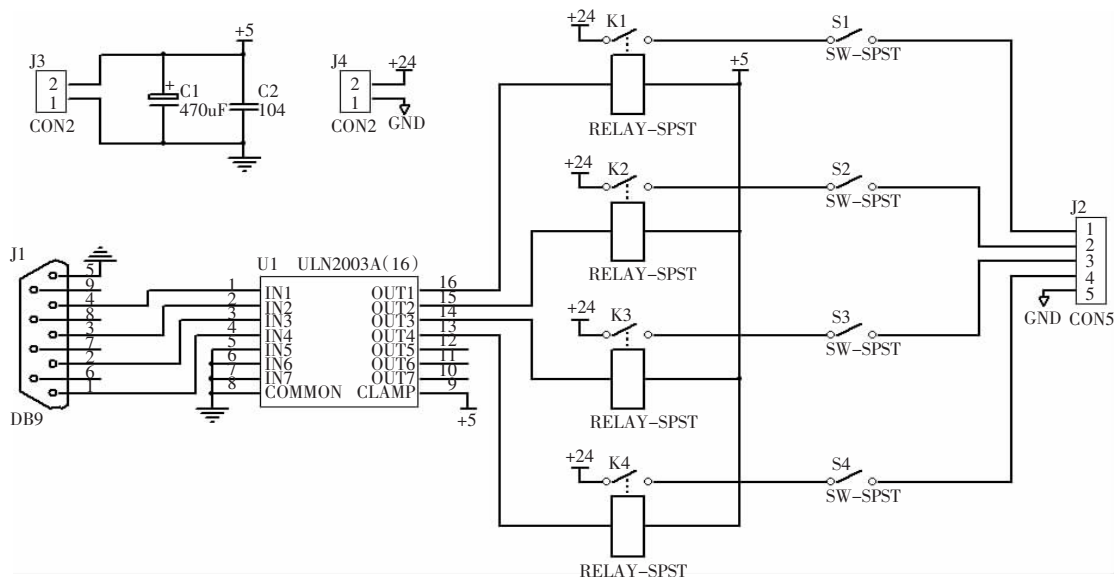


图 3 功率驱动板的电气原理图

然这个信号无论是电平还是功率都难以直接驱动相应的电磁阀, 需要在数据采集卡和电磁阀之间增加一级功率隔离驱动。图 3 是功率驱动板的电气原理图。

该功率驱动板利用高电压、高电流的达林顿晶体管阵列 ULN2003A 作为前置放大, 再利用 GX-27223/5 系列小尺寸固体继电器作为功率放大和电压隔离, 以驱动 24 V 供电的电磁阀。

3.4 系统报警回路

由于试验需要全天 24 小时连续开机, 一直持续到全部被试阀都出现故障为止, 为了减轻试验人员的劳动强度, 特意设置了报警回路。报警回路主要监测各被试阀的供气压力 p_1 、进口压力 p_2 和出口压力 p_3 , 并以此三个压力值为报警判断点。其次还监控整个系统的总供气压力, 报警点设置在气罐出口处。报警回路的电气原理如图 4 所示。

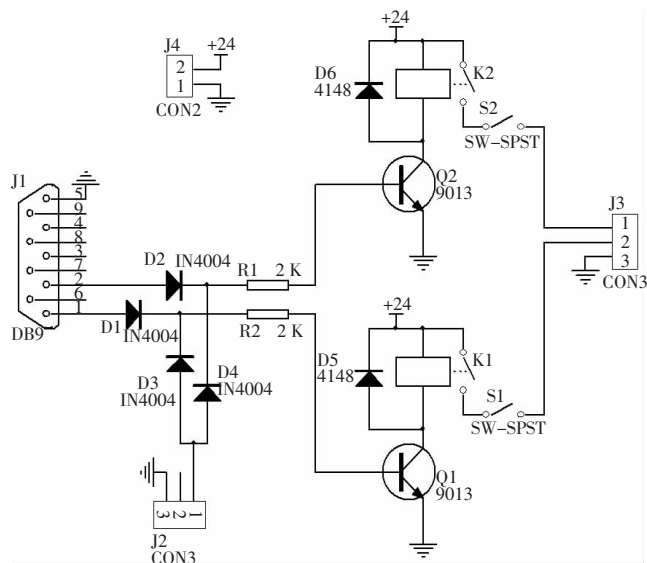


图 4 报警回路的电气原理图

4 试验的软件控制系统

试验采用 NI 公司开发的图形化编程语言 LabVIEW 进行编程^[1,2], 它可以根据用户需要编制不同测试功能的软件, 而且可以对采集到的试验数据进行自动分析、处理、存储、实时显示

或历史显示,可以大大提高试验效率,方便了测试人员与虚拟仪器的相互沟通,减少了测试人员的工作量和所需的测试技术知识。

4.1 软件任务

该软件可实现如下功能:控制电磁阀开关并累计测量减压阀全开闭工作次数;检测 p_1 判断是否正常供气,失效情况下声光报警,电讯通知;检测 p_2 判断电磁阀是否失效,失效情况下声光报警,电讯通知;检测 p_3 判断减压阀是否失效,失效情况下声光报警,电讯通知;在 PAUSE 或外界故障情况下单路停止阀的动作或停止全部阀的动作,保存数据并报警。

4.2 软件功能子模块

(1)电磁阀开关及计数模块:启闭电磁阀并对次数累计计数,计数到 9 950 次,触发 AD 采样模块进行 10 s 压力采样(50 Strikes)。模块采用定时循环软件,能够在 Windows 非实时平台上满足试验实时性要求。

(2)AD 采样压力状况判断模块:以 1 000 Hz 频率硬件定时采样压力 p_1, p_2, p_3 , 并判断是否存在故障。故障判断条件:系统要求压力波形采样模块在极短时间内满足数据采集、缓冲、分解、保存的重要任务,程序设计必须精心考虑计算机 CPU 及内存的负荷。因为各路压力采样中压力波形时间标签的分离较多路波形的索引更复杂,因此在实时系统中优先考虑对支路波形的索引及波形重组。故障判断原则:测试开始时,记录压力循环中减压阀出口处的压力最大值和最小值,在试验中保持此额定值;减压阀出口最大压力应该大于设定压力的 90% 以上;在排气阶段,减压阀出口压力最小值应达到设定压力的 10% 以下;如上述条件均满足,说明系统无故障,则保存数据,试验继续;否则即可判断有故障产生,启动声光报警。

(3)故障处理模块:在某路电磁阀或减压阀非正常工作情况下,声光报警,电讯通知。

(4)数据存储模块:任何可预测故障皆可调用该模块,一个工作日或定时段完成正常数据存储;故障时候进行非正常数据保存。主要包括数据文件的创建、命名和数据的追加功能。为提高程序的稳定性和抗干扰鲁棒性,在程序入口设计暂态数据存储模块。用于重要数据定时备份,及异常情况下重要数据回复。

4.3 程序流程及界面设计

该软件系统提供了友好的人机交互界面,用于被试阀压力状况监测、检测、报警屏蔽等处理。用户主界面如图 5 所示。主程序采用并行双线程控制机制,在顺序流程框架下,由 LabVIEW 内在数据流机制触发布尔变量改写,再通过事 Occurrence 技术实现双线程的通讯。从而完成实时计数和定时定点压力采样及数据保存的功能。控制程序的流程如图 6 所示。



图 5 程序主界面

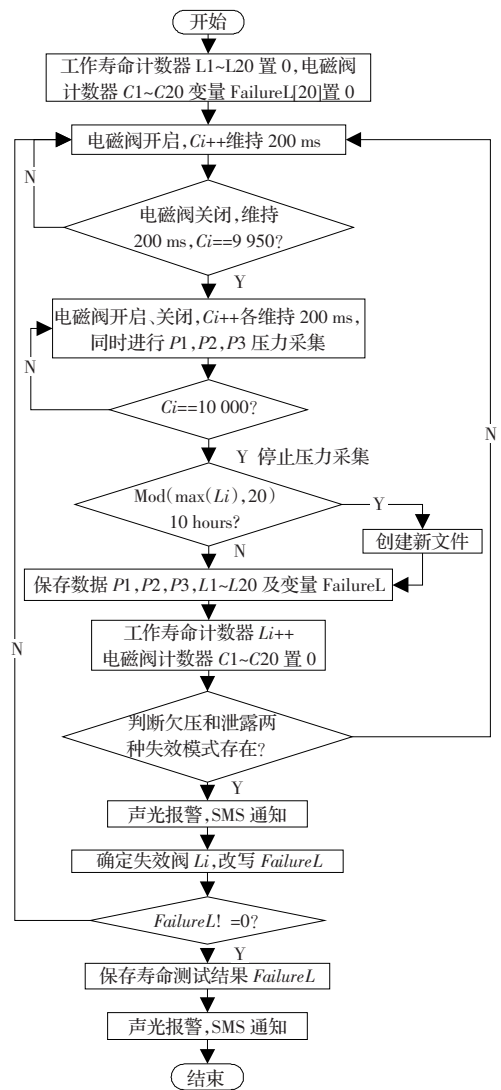


图 6 控制程序的流程

5 试验内容及步骤

按照 ISO 19973-1:2007 规定^[3], 试验条件为:环境温度 $23\text{C}\pm 10\text{C}$; 空气温度 $23\text{C}\pm 10\text{C}$; 空气质量:过滤精度 $5\ \mu\text{m}$, 露点 $+3\text{C}$ (冷干机出口温度); 被试减压阀进口压力 $8\ \text{bar}\pm 0.4\ \text{bar}$ (要经常调节定期检查, 以保持 $8\ \text{bar}$ 供气压力不变); 被试减压阀出口压力为进口压力的 $(80\pm 5)\%$, 即: $6.4\ \text{bar}\pm 0.4\ \text{bar}$ 。试验开始运行 24 小时后, 再次记录被试减压阀的出口压力值的设置值, 如果与设置压力不一致, 需要再次调节。一旦试验开始后, 绝对不允许再调节被试减压阀的设定压力。

按照 ISO 19973-4:2007 规定^[4], 试验的内容和步骤如下:

5.1 功能检查

在规定试验条件下通过听觉、视觉、触觉来判断被试减压阀及其控制阀是否能够正常运行, 看电磁阀切换动作是否正常, 是否卡死, 调节阀出口压力水平是否正常, 是否存在可检测到或能听到的泄漏, 记录明显的失效特征。

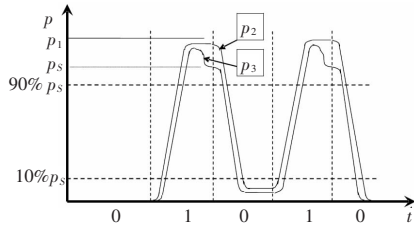
5.2 泄漏检测

首先停止所有电磁阀的切换动作并保持稳定时间 2 分钟, 对被试减压阀, 需要在进气口主回路上连接一个测量泄漏的流量计, 测量并记录泄漏量, 测量每小时的泄漏升数。

5.3 寿命测试

电磁阀的切换频率按以下步骤确定: 试验开始时, 记录压力循环中减压阀出口处的压力最大值和最小值。其中, 最大压力应该等于或大于设定压力的 90%, 排气阶段时减压阀出口端的最小值应该小于设定压力的 10%; 调节电磁阀的切换频率 (4 Hz) 以满足上述压力条件; 在整个试验过程中保持这个切换频率。

图 7 是一个典型的交变压力循环曲线的示意。



p_1 -供气压力; p_2 -减压阀进口处的压力曲线; p_3 -减压阀出口处的压力曲线; p_s -减压阀的设定压力; 0-电磁阀未通电时段; 1-电磁阀通电时段

图 7 寿命试验中典型交变压力循环曲线

图 8 是软件系统自动绘制出的某个阀的实测压力波形, 压力曲线定义: 白色表示供气压力 p_1 ; 红色表示减压阀进口压力曲线 p_2 ; 绿色表示减压阀出口压力曲线 p_3 。

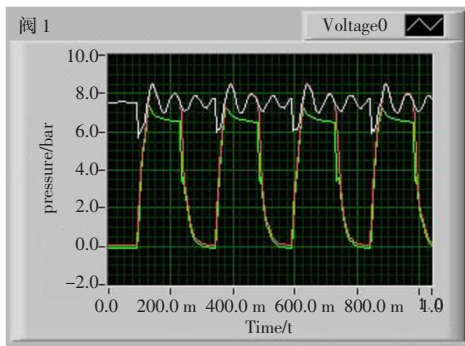


图 8 被测减压阀实测压力波形

5.4 失效判断

(1) 泄漏判断: 如泄漏量超过了表 1 中被试阀出口口尺寸

表 1 最大允许泄漏量

阀体尺寸	最大总泄漏率 $\text{dm}^3/\text{h}(\text{ANR})$
M3, M5 and M7	2.2
1/8	3.2
1/4	4.3
3/8	5.4
1/2	8.1
3/4	11
1	14
5/4	17
3/2	22
2	27

所对应的最大允许泄漏量, 应当认为被测阀已经失效。

(2) 压力特性判断: 如果试验过程中, 被试阀不能维持设定压力初始值的 $\pm 0.45 \text{ bar}$ 以内, 也可认为被测阀已经失效。

6 结束语

利用该平台可方便地进行减压阀的可靠性试验, 可获得减压阀自开始试验到出现故障为止的全部有效试验数据, 并自动绘制出各个减压阀的压力波形。对日本 SMC 公司提供 AR20 减压阀 (口径 $\text{rc}1/4$) 和日本 CKD 公司提供 R1000 减压阀 (口径 $\text{rc}1/4$), 利用该试验平台进行了长期的可靠性试验, 累计压力交变次数达 2 亿多次, 试验结果证明, 该试验平台稳定性好、精度高, 具有明显的节能优势。

参考文献:

- [1] 雷震山. LabVIEW7 Express 实用技术教程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.
- [2] 侯国屏, 王坤, 叶齐鑫. LabVIEW7.1 编程与虚拟仪器设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [3] ISO19973-1:2007 ISO/TC131 pneumatic fluid power--assessment of component reliability by testing--Part 1: General procedures[S]. 2007.
- [4] ISO19973-4:2007 ISO/TC131 Pneumatic fluid power--assessment of component reliability by testing--Part 4: pressure regulators[S]. 2007.
- [5] 黎洪生, 吴小娟, 葛源. EMD 信号分析方法端点问题的处理[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(9): 47-49.
- [6] 程军圣, 于德介, 杨宇. Hilbert-Huang 变换端点效应问题的探讨[J]. 振动与冲击, 2005, 24(6): 40-41.
- [7] 程军圣, 于德介, 杨宇. 基于支持矢量回归机的 Hilbert-Huang 变换端点效应问题的处理方法[J]. 机械工程学报, 2006, 42(4): 23-31
- [8] 朱金龙, 邱晓晖. 正交多项式拟合在 EMD 算法端点问题中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(23): 72-74.
- [7] 沈滨, 催峰, 彭思龙. 二维 EMD 的纹理分析及图像瞬时频率估计[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(10): 2345-2352.
- [8] Damerval C, Meignen D, Perrier V. A fast algorithm for bidimensional EMD[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2005, 12(10): 701-704.
- [9] 邓拥军. EMD 方法及 Hilbert 变换中边界问题处理[J]. 科学通报, 2001, 46(3): 257-263.
- [10] 张郁山. 自回归模型处理 EMD 方法中的边界问题[J]. 自然科学进展, 2003, 13(10): 1054-1059.
- [11] 钟佑明, 秦树人. 希尔伯特-黄变换的统一理论依据研究[J]. 振动与冲击, 2006, 25(3): 40-43.
- [12] Kizhner S. On certain theoretical developments underlying the hilbert-huang transform[C]//Aerospace Conference, 2006 IEEE, Big Sky, MT, 4-11 March 2006: 14.
- [13] 邹秀芬, 全惠云, 康立山. 计算方法及应用软件[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1996.

(上接 178 页)

参考文献:

- [1] Huang N E, Shen Z, Long S R, et al. The empirical mode decomposition and the hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time Series analysis[J]. Proceedings of the Royal Society of London: Series A, 1998, 454: 903-995.
- [2] 黄大吉, 赵进平, 苏纪兰. 希尔伯特-黄变换的端点延拓[J]. 海洋学报, 2003, 25(1): 1-11.
- [3] 黎洪生, 吴小娟, 葛源. EMD 信号分析方法端点问题的处理[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(9): 47-49.
- [4] 程军圣, 于德介, 杨宇. Hilbert-Huang 变换端点效应问题的探讨[J]. 振动与冲击, 2005, 24(6): 40-41.
- [5] 程军圣, 于德介, 杨宇. 基于支持矢量回归机的 Hilbert-Huang 变换端点效应问题的处理方法[J]. 机械工程学报, 2006, 42(4): 23-31
- [6] 朱金龙, 邱晓晖. 正交多项式拟合在 EMD 算法端点问题中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(23): 72-74.