

基于 PLC 的汽车电子燃油泵性能检测系统

山海峰, 刘 涵, 郭吉丰*

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要:针对目前无刷电机式汽车电子燃油泵性能检测系统的缺失以及生产过程中燃油泵驱动控制器的质量检验问题,分析了燃油泵运行环境及目前测试方法的不足,以西门子 S7-200 系列 PLC、触摸屏、各种传感器及测试治具为核心部件,运用 VB6.0 进行了上位机测试软件以及梯形图 PLC 软件的编写,构建了基于 PLC 的燃油泵性能在线自动检测系统;在现有已知参数燃油泵的基础上对测试系统进行了验证,得出了系统测试精度以及测试过程中发现的一些常见燃油泵质量问题。研究表明,设计的基于 PLC 的燃油泵自动检测测试系统具有成本较低、测试可靠、使用寿命长、操作方便等特点,对无刷式燃油泵的设计有一定的指导作用。

关键词:汽车燃油泵;PLC;上位机通信;性能检测

中图分类号:U464.136;TH3;TH89;TH39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2013)07-0793-05

Testing system of automobile fuel pump performance based on PLC

SHAN Hai-feng, LIU Han, GUO Ji-feng

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: In order to solve the problems of the weakness of current designed brushless fuel pump detection system and the detection of quality in production process, the test system was investigated. After the analysis of the working principle and test method of fuel pump, the system was established, which was based on Siemens PLC, touch win, pressure sensor, flow sensor and so on, and the VB6.0 was used to design the computer software, ladder diagram to PLC program. The known parameters fuel pump was evaluated on the test system, the precision and test error of system were determined. The experimental results show that the designed test system has the advantages of high precision, long life, easy to operate, conduce to the design of brushless fuel pump.

Key words: automobile fuel pump; PLC; host-computer communication; performance detection

0 引 言

汽车燃油泵是发动机燃油电子喷射供给系统中向喷油器按需、按量供给高压燃油的关键零件^[1],其主要任务是供给燃油系统足够的、具有特定压力的燃油^[2]。国内汽车燃油泵多采用直流电机驱动,只需对燃油泵进行测试即可,而无刷电机驱动式燃油泵为新兴燃油泵,内部集成有驱动控制器,且为内部灌胶封装,一旦出现故障就只能报废处理,且运行在条件较为恶劣的燃油介质中,其质量的可靠性至关

重要^[3-4]。

目前,汽车燃油泵性能的测试方法主要有机械油液检测法和真空度法^[5-7]。油液法是以燃油泵实际工作燃油为基质,通过测试台模拟油泵工作环境,测试运行数据,这种传统的测试方法存在以下缺陷:所有开关都需人工操作,耗费时间多,测试效率低;测试结果全由人工肉眼读数与判断,存在一定的读数误差,且由于燃油泵的种类繁多,规格参数各异,人工判断其合格与否工作量太大,容易出错。而真空度法则是以气体为介质代替了传统的油液,是一种比较可靠的气路检测

方法,其原理是利用燃油泵在空转状态下引起泵内的气压变化,用负压传感器来测量燃油泵进油口处真空度的大小,但燃油泵正常运行时燃油是电机冷却的介质,故真空度法最大的缺点是燃油泵容易过热损坏。因而,研发适合现代测试要求、灵活可靠的自动化无刷式燃油泵测试系统具有重要的现实意义^[8]。

本研究基于上述两种方法的缺点,提出一种自动化油液测试法,即以 PLC 为主控制器,外加多种测量传感器、固定驱动控制器的测试治具及人机交互操作界面,并利用上位机进行产品的数据记录和质量判断,无需人工进行判断,完全实现测试过程的自动化。

1 测试系统工作原理及设计

无刷式电子燃油泵主要由泵体、永磁电动机、电机驱动控制器、安全阀、单向阀和外壳等部分组成^[9]。电动机运行时带动泵体转动,燃油从吸油口吸入,流经电动燃油泵内部,再从出油口压出,给发动机燃油系统供油,单向阀起到给系统燃油升压的作用^[10-12]。燃油泵在整个运行过程中,驱动控制器的运行好坏将直接影响着燃油泵整体的运行效果,如驱动控制器虚焊、短路,则可以根据运行电流和电机工作速度加以判断;燃油泵出现堵转现象,可以根据流量和电流加以判断等,故可以根据燃油泵在实际燃油中运行情况来判断燃油泵的性能好坏。

1.1 测试系统功能分析

由于整个测试系统是一个集电、液压和机械为一体的综合系统,彼此相互影响着,设计过程中需对这几个方面都加以深入考虑。经分析可知,该系统设计的关键点在于:

- (1) 检测传感器的选择,包括精度、应用范围;
- (2) 驱动控制器可靠的与燃油泵连接;
- (3) 燃油泵运行的油路设计;
- (4) 测试软件的设计,以便操作方便;
- (5) 系统的运行可靠性;
- (6) 系统的测试误差及测试精度控制。

1.2 测试系统方案设计

测试系统框架图如图 1 所示,由分析可得,PLC 为主控制器,实时对燃油泵运行时的驱动控制器工作电压、工作电流、电机运行速度、燃油泵出油压力、喷油流量以及工作环境温度等参数进行测量,并将数据以 RS485 方式传送给上位机,上位机对数据加以分析和

处理,以便能保持或打印数据;测试控制器用于控制测试治具,以实现不同驱动控制器的自动切换,减少人工操作。

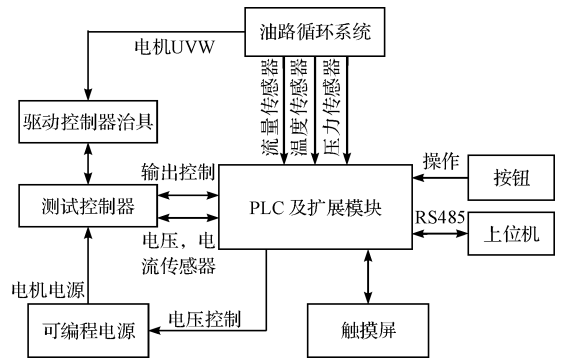


图 1 测试系统结构示意图

1.2.1 驱动控制器的结构及治具

无刷式燃油泵电机驱动控制器由于是与电机本体一体化安装,整个泵机体积较小,功率密度较高,尺寸较小,本系统测试的驱动控制器尺寸为 33 mm × 35 mm,鉴于如今 PCB 焊接工厂的固定焊接工艺要求为焊接宽度需大于 50 mm,而且单块驱动控制器测试效率较低,操作较为麻烦,所以设计过程常对驱动控制器的尺寸作一定的调整,将驱动控制器板以 10 连装的方式加工,不仅固定尺寸足够,而且测试效率一次能提高 10 倍,既方便焊接,又提高测试效率。

驱动控制器在实际使用过程中是与燃油泵直接焊接并灌胶塑封在燃油泵内部,故在测试过程中需对驱动控制器进行无焊测试,利用机械装置对其进行固定并可靠连接。

该系统设计的测试治具如图 2 所示,治具主要完成对驱动控制器的固定,以及利用探针对驱动控制器内部信号的测试;另外,治具内部足够的空间用于放置一些传感器检测处理电路,这既可缩短模拟信号的传输,提高系统测试的抗干扰性,同时又可以简化系统的整体连线,提高系统的可靠性。

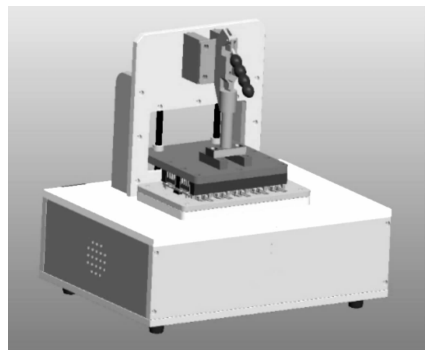


图 2 驱动控制器测试治具

1.2.2 测试传感器选型

驱动控制器工作电压为 6 V ~ 20 V,工作电流为 5 A,最大电流为 20 A,燃油泵正常工作压力 400 kPa,流量为 120 L/H,并且工业现场信号传输容易收到干扰,故输出信号方式采用电流环,部分传感器的参数如表 1 所示,为了保证测试系统精度,系统传感器精度均为 0.5% 左右。

表 1 部分器件参数表

器件	量程	精度	备注
可编程电源	0 ~ 30 V	1 mV	功率 540 W
电压变送器	0 ~ 40 V	0.5%	4 mA ~ 20 mA 信号
电流变送器	0 ~ 20 A	0.5%	4 mA ~ 20 mA 信号
压力变送器	0 ~ 1 MPa	0.5 级	4 mA ~ 20 mA 信号
流量变送器	60 L/H ~ 600 L/H	$\pm 0.5\% R$	4 mA ~ 20 mA 信号

1.2.3 燃油泵油路设计

由于燃油泵需在循环液体环境中才能实现加负载运行,系统需搭建一套能调节燃油压力的油路循环模拟运行装置,燃油泵测试油路系统如图 3 所示。

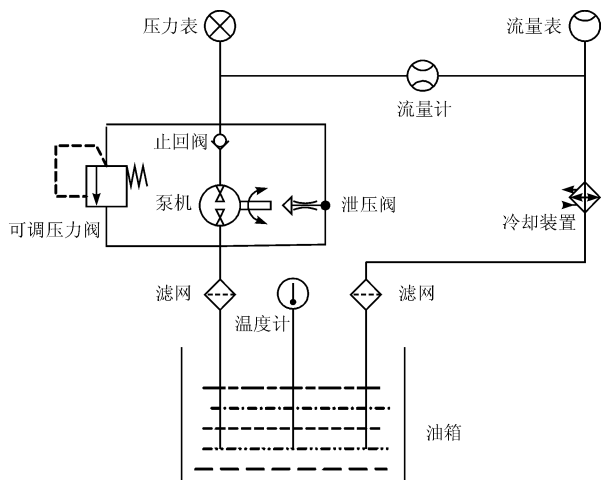


图 3 燃油泵测试油路系统

燃油从油箱经过滤系统进入泵机,在泵机出口处接有止回阀、泄压阀及可调压力阀。止回阀即为单向阀,主要作用是防止电机关闭时燃油回流;泄压阀主要作用是限定系统最高工作压力;可调压力阀主要作用是调整燃油泵工作压力。燃油经过上述 3 个阀之后再回到油箱,在循环过程中,系统对燃油泵工作时的燃油压力、流量及温度等参数进行测量;另外,为了延长系统测试时间以及实现对测试条件的良好控制,系统在油路循环中加有冷却装置,从而可以对燃油整体温度进行控制。

1.2.4 系统测试精度优化设计

影响测试精度的因数有很多,从实际测试情况中可以发现,随着测试时间越来越长,燃油温度越来越高,燃油泵流量会有所下降,工作电流会有所上升;另外,由于测试系统工作电流较大,整个测试系统线路较多,难免会存在电压线路衰减问题;再者,燃油泵泵机随着工作时间不同,泵机叶轮与本体磨损程度也不相同,对电机的运行也会有一定的影响。

系统有必要对上述这些因数加以控制以减小其影响,提高系统的精度。首先,系统中加入循环冷却系统,对燃油温度进行控制,以便在测试燃油泵的过程中,系统温度能保持在一个相当的范围,系统能够长时间测试;另外,测试过程中本研究对系统电机供电电压进行闭环控制,以减少电压衰减带来的流量测量误差。

2 系统软件设计

系统软件设计主要包括两方面内容:PLC 软件设计和上位机软件的设计。从前面的分析可以得知,系统主要需要资源如表 2 所示。

表 2 系统信号资源

类型	信号	数量
数字量输入	复位按钮、启动按钮、 停止按钮、电机转速信号	4
数字量输出	驱动器选通信号、 电源选通信号	10
模拟量输入	电压信号、电流信号、压力信号、 流量信号、温度信号	5
模拟量输出	电源电压设定信号	1

本研究选用西门子 S7-200 系列 224XP CPU 模块为主控制器,其自身带 14 个数字输入,10 个数字输出,另外,选配 2 个模拟量 EM231 模块以及电源模块,操作屏则使用 Smart700,其灵活的操作性能使得其与 PLC 能够实时交互,实现系统的测试要求。

2.1 PLC 软件设计

PLC 软件部分主要包括实时与触摸屏及上位机电脑进行通信两部分工作,以便能实时显示与记录驱动控制器的运行数据,并上传到上位机。

PLC 在整个测试过程中需有两种模式:一是单独调试模式,即单独测试某块驱动控制器的性能;另一个是自动测试模式,系统能按照设定的时间和次数自动进行测试并记录数据,PLC 的系统控制主流程图如图 4 所示。

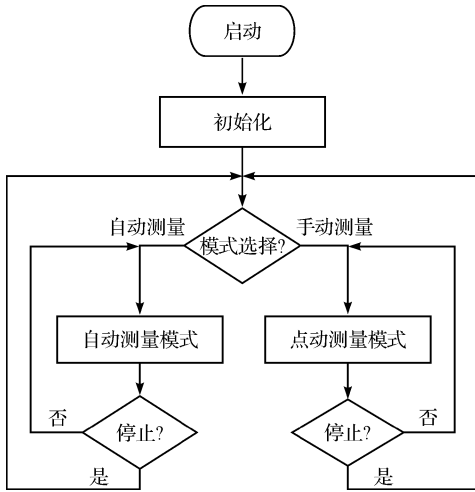


图 4 PLC 主控制流程图

系统的运行方式依据模式的选择,在自动测试模式下,操作人员通过触摸屏或上位机设定测试时间以及测试次数,程序自动依次进行多块驱动控制器的测量,同时记录运行数据并实时把数据上传至上位机;手动测试模式则是对驱动控制器进行点对点测试,操作人员可独立地选择任何一块驱动控制器进行测试,系统两种测试的流程图如图 5 所示。

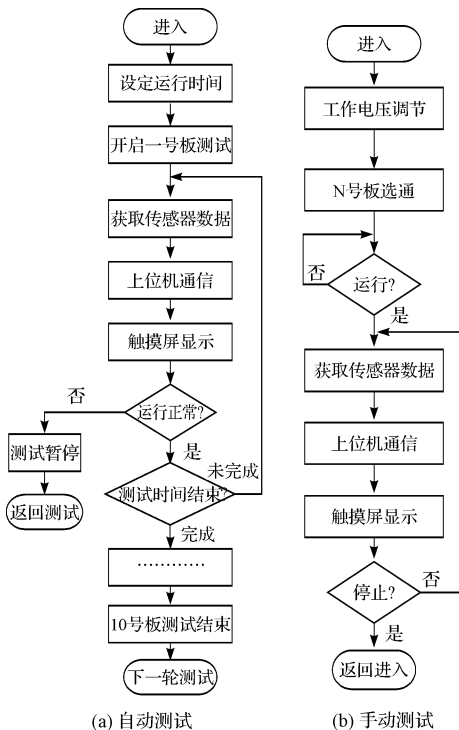


图 5 自动、手动测试流程图

2.2 上位机软件设计

为了便于分析与保存数据,系统需利用上位机来处理数据。由于工业现场应用环境比较恶劣,且可能

需要进行长距离通信,故上位机常采用 RS485 方式与 PLC 进行通信;另外,为确保通信的准确性,上位机与 PLC 之间的通信还需按照一定的协议进行。一部分上位机与 PLC 通信时设定的标志符如表 3 所示,程序通过对这些标志符进行解析,使得 PLC 与上位机能够正确的获取信息并按照指定的命令进行测试。

表 3 通信标志符

数据起始符	‘#’
数据结束符	回车 + 换行
一轮测试结束符	‘E’
新一轮测试标志符	‘N’
上位机反馈信号	‘Y’
测试错误标志	‘Error’

该系统利用 Visual Basic 6.0 进行上位机测试软件的编写。上位机可以设定测试次数以及单次测试时间,并对驱动控制器的运行数据进行记录与分析,得出测试结果并加以存储,另外,可根据需要进行测试报告的打印。在运行的过程中,可以实时显示当前测试状态,利于操作人员控制。

3 综合实验与分析

该系统的测试燃油泵如图 6 所示。为了实现驱动控制器无焊接测试,测试燃油泵将电机 UVW 三相连接线引至泵机外部,电机额定工作电压为 12 V,额定转速为 7 000 r/min,等效额定转矩为 35 mN,负载压力 400 kPa 时,等效额定流量为 120 L/h。



图 6 测试电机实物

测试时,测试电机通过测试治具连接到驱动控制器上,并在如图 7 所示控制柜的控制下自动运行。

利用上述装置即可对不同燃油泵电机进行测试,测试的燃油泵一些典型特定运行情况如表 4 所示。首先是相同负载压力、不同电压下的工作;其次是相同电压、不同压力时的运行,在工作负载压力一定的情况下,燃油泵的流量随着工作电压的变化而变化,电压流量曲线如图 8 所示。从表 4 中可以看出,在电机额定电压 12 V,压力 401.4 kPa 时,流量 117.3 L/h,与额定工作点较为相近,精度为 2.25%,基本可以达到性能

判断的要求,且在同等条件下,相互间比对更加有利于产品的一致性测试。实际测试过程中,根据表格中数据可以发现一些常见的驱动控制器或燃油泵的质量问题,如驱动控制器虚焊,导致电机缺相或者断相,从而使电机速度变小,电流变大;另外,同等电压下,不同燃油泵流量、转速不一致,可以判定出燃油泵内部叶轮出现堵转现象等。



图7 控制柜实物图

表4 测试数据表

电压 /V	电流 /A	转速 /(r · min ⁻¹)	压力 /kPa	流量 /(L · h ⁻¹)	温度 /(°)
6.0	2.7	2 200	397.3	0.3	31.3
11.9	4.2	6 900	401.4	117.3	31.4
20.2	7.8	9 230	398.1	210.8	32.5
12.1	0.7	7 800	0	—	32.7
12.0	5.4	5 980	459.4	93.7	33.1
12.1	4.4	6 689	397.5	105.5	45.2

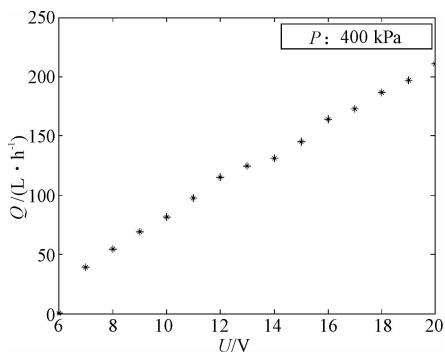


图8 电压流量曲线

根据表4中几个数据量,可以在上位机中建立起

燃油泵工作时的各种关系对应表,在生产测试过程中上位机自动对测试的燃油泵进行数据分析,并判定燃油泵的性能以及驱动控制器的一致性。

4 结束语

本研究提出的汽车无刷式燃油泵性能测试系统能够方便地测试出燃油泵及其驱动控制器实时运行情况,以 PLC、触摸屏及上位机构建的测试系统具有操作方便,处理灵活等特点。实际使用结果表明,该测试方法操作比较简单、测试效率较高,相比人工读表方式大大减少了测试过程中测试人员的工作量,能满足产品生产过程中性能初步检测的要求,为企业的高质量生产带来了一定的帮助。

参考文献(References):

- [1] 李春明. 汽车发动机电控燃油喷射技术[M]. 北京:国防工业出版社,2009:1-26.
- [2] 程林志. EFP431 型电动燃油泵基础设计理论研究[D]. 武汉:武汉理工大学物流工程学院,2006:1-6.
- [3] HUI T S, BASU K P, SUBBIAH V. Permanent Magnet Brushless Motor Control Techniques[C]// National Power and Energy Conference (PECon),2003:133-138.
- [4] 王海峰,胡德金,许黎明,等. 汽车用机油泵性能测试系统的研制[J]. 制造技术与机床,2005(10):96-99.
- [5] 钱向明. 基于 LabVIEW 的汽车燃油泵输油性能测试系统[J]. 机电工程,2009,26(5):41-43.
- [6] 祝刚,谢平. 发动机燃油泵自动测试系统的设计[J]. 装备制造技术,2006(3):21-22.
- [7] 张振东,石鹏程,朱红萍,等. 车用电动燃油泵性能检测及评价系统开发研究[J]. 上海理工大学学报,2009,21(4):372-375.
- [8] 张彦,李小明,张远,等. 基于组态软件的油泵实验台数据统计系统的设计[J]. 现代制造技术与装备,2011(4):22-24.
- [9] 黄益政,张振东,文勇,等. 电动燃油泵系统仿真及性能优化研究[J]. 制造业自动化,2011,33(14):26-29.
- [10] 马兆锋. 基于 PLC 的仓库恒温控制系统设计与探究[J]. 现代制造技术与装备,2011(5):25-26.
- [11] 王文华. 基于 PLC 控制的液动机械手[J]. 轻工机械,2012,30(2):46-49.
- [12] 赵奇平,程浩,陈汉汛. 电动燃油泵预测试验台开发[J]. 液压与气动,2006(5):31-33.