



电控柴油机双电位器油门踏板控制策略的研究

祝轲卿¹, 胡建文², 冒晓建³, 徐权奎¹, 卓 斌³

(1. 上海海能汽车电子有限公司, 上海 200240; 2. 上海亚新科依波尔汽车电子有限公司, 上海 200240;
3. 上海交通大学, 上海 200240)

摘 要: 在对双电位器电子油门信号的故障诊断和油门输出控制两方面进行详细分析和研究的基础上, 基于 GD-1 电控柴油机控制系统, 设计了相应的控制逻辑算法。基于 V 型平台, 首先利用 MATLAB/Simulink 软件平台编写了控制策略框图, 并进行了离线仿真; 然后通过 Targetlink 自动代码生成工具将 Simulink 模型生成 C 代码, 并集成到已有的 GD-1 柴油机电控单元 ECU 中; 最后在硬件在环(HIL)试验台上进行了验证, 成功地在 GD1-电控柴油机控制系统中实现了双电位器电子油门的控制功能。

关键词: 电控柴油机; 双电位器电子油门; 控制策略; V 型平台

中图分类号: U463.67⁺6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2012)04-0014-04

Study of Control Strategy of Double Potentiometer Pedal for Electronic Controlled Diesel Engine

Zhu Keqing¹, Hu Jianwen², Mao Xiaojian³, Xu Quankui¹, Zhuo Bin³

(1. Shanghai High Energy Auto Electronic Co., Ltd, Shanghai 200240;
2. Shanghai Asimco Epower Co. Ltd., Shanghai 200240;
3. Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240)

Abstract: Based on the control system of the GD-1 electronic controlled diesel engine, the relevant control strategy was designed by analyzing and researching the fault diagnosis and final output of double potentiometer pedal. Based on V-platform, the control strategic models was compiled by using the MATLAB/Simulink software and the off-line simulation was carried out. By the support of Targetlink, these models were automatically generated into C codes, then debugged and downloaded into the GD-1 ECU. At last the strategy was validated on Hardware-In-Loop system and successfully realized the controlling function for the double potentiometer pedal on the GD-1 electronic controlled diesel engine.

Keywords: electronic controlled diesel engine; double potentiometer pedal; control strategy; V-platform

0 引 言

随着电控技术在车用柴油机领域中应用的不断发展, 使得电控柴油机系统相对于传统柴油机而言复杂了许多。为了提高驾驶的安全性, 柴油机的电子控制一般都带有故障自诊断功能, 称为车载故障诊断(On Board Diagnostic)系统^{[1][2]}。该系统能在

发动机运行过程中不断检测出电子控制系统中大部分故障, 并采取故障态的安全措施, 这样不仅可以保证发动机在有故障的情况下继续运行, 而且保证了运行的安全可靠。

电子油门传感器作为驾驶员与电控发动机进行信息交流的主要渠道, 它的工作正常与否直接影响到发动机的性能以及驾驶的安全性, 因此对电子油

收稿日期: 2011-11-29
作者简介: 祝轲卿(1980-), 男, 博士, 主要科研方向为柴油机电子控制, E-mail: analgulizhu@163.com。

门的控制显得尤为重要。

1 电子油门简介

电子油门是反映驾驶员驾驶意图的主要依据，电控单元正是利用电子油门传感器感知驾驶员的动作，并进行相应的程序计算，来决定输出油量大小的。因此，电子油门信号处理的精确度和响应性决定了电控系统的控制精度和响应性；而电子油门的控制策略在最大程度上保证了电子油门工作的可靠性和安全性，从而直接影响整个电控系统的可靠性和安全性。

目前市场上有多种类型的电子油门，主要包括以下两类：

(1) 单电位器电子油门

典型的单电位器电子油门输出电压特性如图 1 所示。加速踏板传感器基于电位器原理，其输出电压信号随着电位器放置角的增大而增大。低怠速开关随加速踏板传感器同轴联动，当油门开度逐渐增大到一定程度时，低怠速开关断开。在单电位输出电压满量程的 5% (对应电子油门开度也是 5%) 左右时，怠速开关状态发生变化，一般为由常开变为闭合。

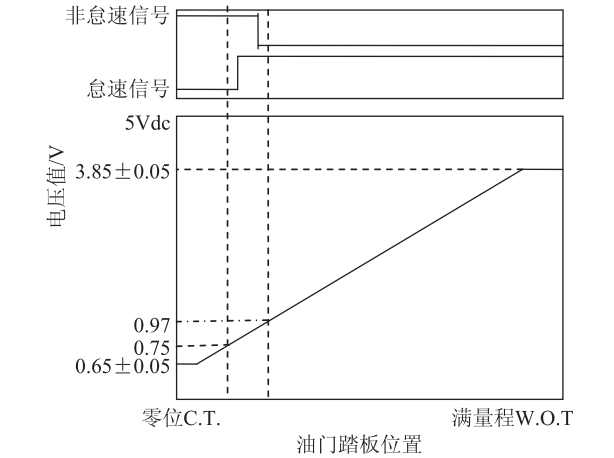


图 1 单电位器电子油门电气特性

(2) 双电位器电子油门

双电位器电子油门和单电位器电子油门区别在于双电位器电子油门有两路两位器输出。典型的双电位器电子油门输出电压特性如图 2 所示。从 0% 开度开始，两路电位器输出电压在每个位置都不相同，但是两者各自的斜率却是基本固定的，因此通过换算关系可以将两者输出电压进行对比，根据其差值来判断电子油门输出电压是否正确。一般而言，电位器 2 的输出电压是电位器

1 的一半左右。双电位器电子油门这种冗余设计，有效提高了电子油门工作的可靠性，因为如果其中一路电位器发生故障，另一路电位器可接替，保证油门正常工作。另外，双电位器油门不含怠速开关，但可利用刹车开关来对整个电子油门的合理性进行判断。

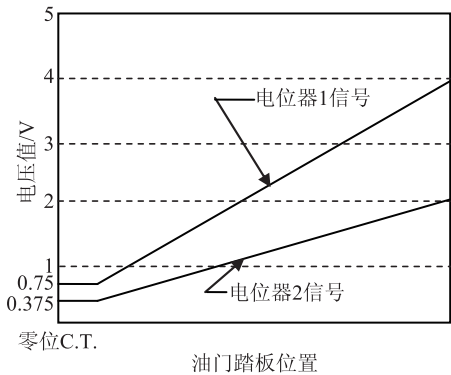


图 2 双电位器电子油门电气特性

无论是单电位器还是双电位器的电子油门，其信号处理的流程是一样的，但是因为内部结构和电气特性不同，因此相应的控制策略有很大的区别。基于提高驾驶的安全性考虑，本文所研究的 GD-1 电控柴油机控制系统采用双电位器电子油门装置。

2 双电位器电子油门控制策略

双电位器电子油门的控制主要包括油门信号故障诊断和油门值输出控制两大模块。油门信号故障诊断模块首先对油门原始电压信号以及转换后的工程量(油门百分比开度%)进行诊断，主要包括：超限诊断、关联性诊断和卡滞诊断。而油门输出控制模块则根据诊断模块的信息选择合适的油门值作为输出。控制策略的总框图如图 3 所示。

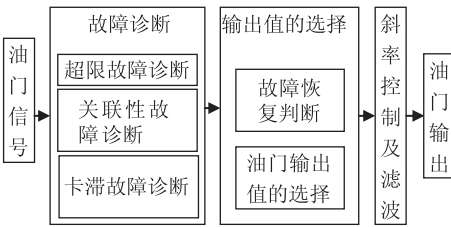


图 3 油门控制策略总框图

2.1 故障诊断

电子油门的故障诊断是在油门值输出之前对电子油门的信号进行合理性判断，以确保油门信号的绝对可靠，从而提高油门工作的可靠性。如图 4 所示为双电位器电子油门的故障诊断的判断过程。首

先, 初始信号通过模数 (A/D) 转换为 ECU 可以识别的数字信息, 进行传感器信号范围的诊断, 用于判断传感器信号回路的短路、断路等极端情况, 当发现有不符情况时就可判断油门发生超限故障, 随即树立相应的故障标志。

其次, 如果油门初始信号正常, 没有发生上述电压超限故障, 两路电位器初始信号会经过特性脉谱计算为油门百分比开度 (%) 进入到油门相关性诊断, 即将两路电位器分别转化的工程值进行比较, 如果发现两者偏差很大 (如第一路电位器输出 45% 油门开度, 而第二路输出 30%), 则认为此时两路电位器的关联性出现问题, 随即树立相应的故障标志。

最后, 如果油门两路电位器转化的工程值没有发生相关性故障, 油门会进入到卡滞性诊断。即系统根据当前刹车开关的打开或者闭合状态, 以及当前输出的油门开度来判断油门是否卡滞 (油门机械无法复位, 或者电位器无法复位)。如果油门值和车速都大于一定值, 而刹车开关处于闭合状态 (驾驶员踩下刹车踏板), 则此时系统认为油门发生卡滞故障, 并树立相应的标志位。也可以理解为当车速较高时, 驾驶员几乎不会同时进行踩油门踏板和制动踏板的举动。

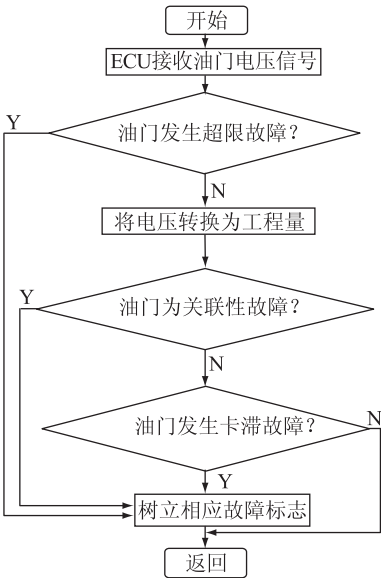


图 4 油门故障诊断流程

故障可分为软故障和硬故障两种, 软故障是指故障正处于可疑判断期间, 即不能确定此时的故障是否是真实的故障, 当软故障持续期超过一定时间, 则可确认为硬故障。这样可以减少误判的机率, 提高了诊断的可靠性。具体的控制逻辑如图 5 所示。

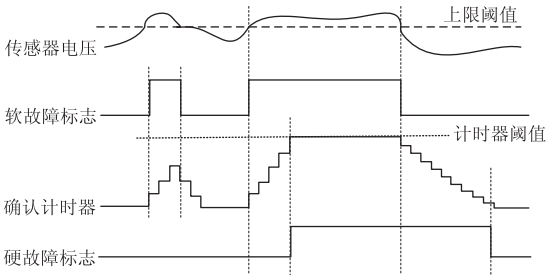


图 5 故障确认逻辑

2.2 输出控制

双电位器的冗余设计本身就是为了保证电子油门可以在某种故障态继续保持正常工作, 提高油门工作的稳定性和可靠性。因为双电位器故障种类比较多, 因此需要根据不同的故障态来选择合适的油门开度输出。油门输出控制具体逻辑如图 6 和表 1 所示。

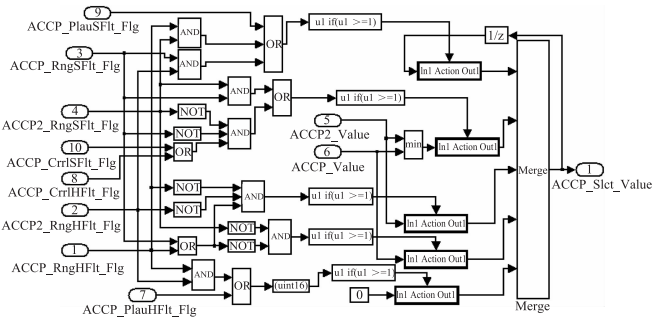


图 6 油门输出选择逻辑 simulink 框图

表 1 变量解释

变量名	含义
ACCP_ PlauSflt_ Flg	油门卡滞故障软标志
ACCP_ PlauHflt_ Flg	油门卡滞故障硬标志
ACCP_ CrrlSflt_ Flg	油门关联故障软标志
ACCP_ CrrlHflt_ Flg	油门关联故障硬标志
ACCP_ RngSflt_ Flg	电位器 1 电压超限故障软标志
ACCP_ RngHflt_ Flg	电位器 1 电压超限故障硬标志
ACCP2_ RngSflt_ Flg	电位器 2 电压超限故障软标志
ACCP2_ RngHflt_ Flg	电位器 2 电压超限故障硬标志
ACCP_ Value	油门 1 开度/%
ACCP2_ Value	油门 2 开度/%
ACCP_ Slct_ Value	油门最终输出

(1) 当两路电位器都发生了故障: 一路确认为硬故障, 而另一路正处于可疑判断期间 (软故障), 或油门正处于卡滞可疑判断期间 (软故障), 油门开度以上一次值输出;

(2) 当油门发生关联性故障, 或者两路电位器同时处于可疑判断期间 (软故障) 时, 油门开度以两电位器中较小值输出;

(3) 当第二路电位器无故障, 也不可疑, 而第

一路电位器确认故障或者处于可疑判断期间(软故障)时,油门开度以第二路电位器值输出;

(4) 当第一路电位器无故障,也不可疑时,无论第二路电位器是否发生故障,油门开度都以第一路电位器值输出。(5) 当两路电位器都确认为硬故障,或油门被诊断为卡滞硬故障时,油门开度输出值为 0。

双电位器油门故障恢复的条件为油门变化值必须大于标定阈值。也就是说,无论何种情况下,油门如果想从故障态恢复正常,必须有油门动作。这种方法可以有效地防止油门频繁进出故障态。

另外,在某路电位器发生故障,需要切换到另一路单独工作的瞬间,油门输出会突然变为 0,大约 1 s 后立刻恢复到正常的输出。这样的处理模式是为了让驾驶员在仅有故障指示灯闪烁的条件下,根据油门油量的变化来大致判断油门故障的发生,从而引起驾驶员重视,小心驾驶。

3 仿真与测试结果

GD-1 电控制柴油机控制单元 ECU 的开发基于 V 型平台^{[3][4][5]};双电位器电子油门作为 GD-1 系统的功能之一,也是基于此平台开发的。在对双电位器电子油门的电气特性以及工作特点进行系统分析的基础上,有针对性地设计了相应的控制策略。利用 MATLAB/Simulink 软件平台^{[6][7]}编写了策略框图,并进行了离线仿真;然后通过 Targetlink 自动代码生成工具^[8]将 Simulink 模型生成 C 代码,并集成到已有的 GD-1 柴油机电控单元 ECU 中;最后在硬件在环(HIL)试验台上进行验证。检验了控制策略,测试了双电位器电子油门的实际工作状态,证实了该控制策略的可行性和可靠性。

图 7 为双电位器电子油门控制模型 Simulink 框图的仿真结果。模拟了 1 000 个计时单位两路电位器信号的变化作为整个仿真软件的输入。在第 500 个循环,电位器 I 的油门开度输入值为 25%,电位器 II 的油门开度输入值为 50%,两路电位器输入值的差大于预先设定好的标定值,此时认为油门发生相关性故障,软故障标定树立,当软故障标志树立持续超过一定时间,则故障硬标志树立。只要发生相关性故障,无论是软故障还是硬故障都选择两路电位器中较小的值作为输出。

图 8 为集成到 ECU 内,并在硬件在环试验台上进行测试得到的试验结果。在 0~4 s 期间,油门两路电位器信号都正常,此时油门以电位器 1 作

为输出;在第 4 s,电位器 1 发生短路,在故障确认 0.4 s 的时间里,油门输出维持不变,故障确认后油门以 0% 输出,维持 1 s 后油门恢复到以电位器 2 的正常值输出。

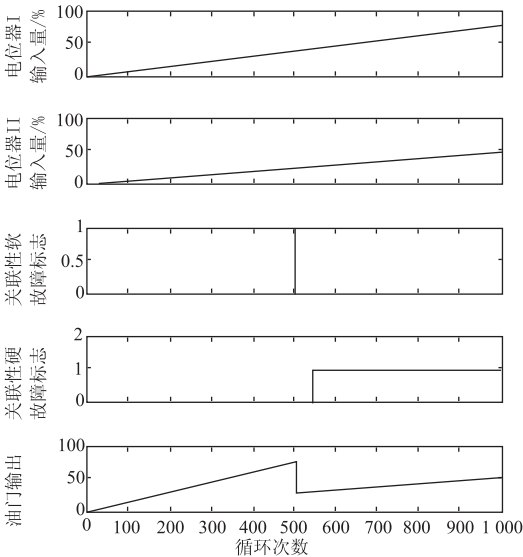


图 7 simulink 离线仿真结果

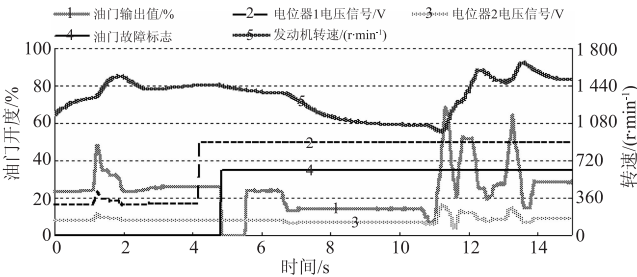


图 8 硬件在环测试结果

4 结束语

本文首先对双电位器电子油门的电气特性以及工作特点进行了系统分析,设计了控制逻辑算法;然后基于 MATLAB/Simulink 软件平台,在每个模块单独设计调试通过的基础上,对整个控制系统进行了仿真;最后利用 TargetLink 软件将仿真模型自动生成的 C 代码集成到电控系统 ECU 中,在 HIL 试验台上进行测试验证,成功地在 GD-1 电控柴油机控制系统中实现了双电位器电子油门的控制功能。该功能的实现不仅有利于提高电控柴油机的运行可靠性和安全性,而且丰富了电控系统的系统功能。另外,基于 V 型的开发模式规范了控制策略的开发流程,大大提高了功能模块的开发效率,对于后续的系统扩展有一定的指导意义。

(下转第 52 页)

的固有频率为 19 Hz，阻尼比为 0.12，实际计算发电机的基振频率为 50 Hz。

然而，试验中发现，PS073-64 隔振器耐用性不好，运行寿命比较短；ZT-40 隔振器工作时，机体的运动很不稳定，摆动大；而 JZ-30 隔振器的工作稳定，隔振效果明显，可靠性系数高，而且安装方便，成本较低，是 12000-DE 发电机较为理想的隔振器。

参考文献

[1] 盛美萍,王敏庆,孙进才. 噪声与振动控制技术基础[M]. 北京:科学出版社,2003.

[2] 孙家麒,战嘉恺. 振动危害和控制技术[M]. 石家庄:河北科技出版社,1991.

[3] 应怀樵. 现代振动与噪声技术[M]. 北京:航空工业出版社,2002.

[4] 张云侠. 3100QB 柴油机机体结构静力与模态 CAE 分析[D]. 昆明:昆明理工大学,2002.

[5] 屈维德,唐恒龄. 机械振动手册[M]. 北京:机械工业出版社,2000.

[6] GB14097-1999. 中小功率柴油机噪声限值[S].

(上接第 17 页)

参考文献

[1] 周兴利,于世涛. 电子油门故障自诊断策略及标定方法研究[J]. 车用发动机,2006(2):29-33.

[2] 魏春源. 汽车电气与电子[M]. 北京:北京理工大学出版社,2004.

[3] 王俊席,杨林,肖文雍,等. GD-1 燃油喷射系统喷油参数对发动机性能的影响[J]. 内燃机工程,2004,25(2):28-31.

[4] 杨林,郭海涛,冒晓建,等. 柴油机高压共轨电控系统喷油器电磁系统仿真研究[J]. 内燃机工程,2005,26

(1):6-10.

[5] 王俊席,杨林. 基于实时操作系统的发动机控制软件开发平台设计[J]. 农业机械学报,2006,37(9):36-39.

[6] 薛定宇,陈阳泉. 基于 MATLAB /Simulink 的系统仿真技术与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

[7] 姚俊,马松辉. Simulink 建模与仿真[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2002.

[8] 祝轲卿,徐权奎. 自动代码生成工具在电控制柴油机喷油系统控制软件开发中的应用[J]. 内燃机,2006(5):12-15.

《柴油机》杂志广告价目表

版位	尺寸	颜色	定价
封面	205 × 226（去刊头）	彩色	8000 元/版
封二	210 × 297	彩色	6000 元/版
封三	210 × 297	彩色	4000 元/版
封底	210 × 248（去条形码）	彩色	5000 元/版
首插页	210 × 297	彩色	5000 元/版
插页	210 × 297	彩色	4000 元/版

注：《柴油机》杂志为双月刊，单月月底出版，全年 6 期。连续刊登 3 期及以上，可享 90% 的折扣；连续刊登 6 期及以上，可享 80% 的折扣。

联系人：高荃，夏斐
电话：021-31310201，021-31310204

2013 年广告开始征订，欢迎各界惠登广告，特殊要求可协商！