

基于硬件在环的电动尾门自动化测试研究

彭玲 李立玉 易浪华
(江铃汽车股份有限公司 江西 南昌 330001)

摘要: 文章介绍一种基于 dSPACE 平台的电动尾门硬件在环自动化测试系统, 基于电动尾门建立了 PLG 的 IO 模型、CAN 通讯模型, 借助 dSPACE 的机柜和测试控制软件 automationdesk 搭建 PLG 的硬件在环测试系统, 实现电动尾门开闭功能、电动尾门预设停止点、防夹功能, 门锁功能、用户告知功能的测试, 并以一条测试用例为例, 详细介绍硬件在环自动化测试流程和测试方法。

关键词: 硬件在环; 电动尾门模块; 自动化测试

0 引言

电动尾门 PLG 配置, 越来越成为车型必备的配置。其控制策略越来越复杂, 功能也越来越多, 这就加大测试人员的测试难度, 硬件在环 (Hardware-In-Loop, HIL) 测试作为一种新型的测试手段, 其精确度高、可重复测试和维护费用低等优点, 对电动汽车尾门模块开发前期和后续软件变更的测试具有极大的促进作用。本测试系统是基于一款在研车型的电动汽车尾门模块, 通过熟悉了解其中的功能规范, 利用 HIL 软硬件平台开发该模块的硬件在环测试系统。

1 电动尾门硬件在环自动化测试平台介绍

电动尾门硬件在环自动化测试平台主要由电动尾门模块、真实的电动撑杆和真实的尾门门锁、HIL 机柜和上位机控制器组成, 可以实现电动尾门功能的测试; HIL 机柜中配有 FIU 故障注入板卡, 可以实现模拟故障的测试。

2 电动尾门硬件在环测试系统基本原理

2.1 电动尾门控制系统交互框图

图 1 所示为电动尾门控制系统的交互框图。图 2 所

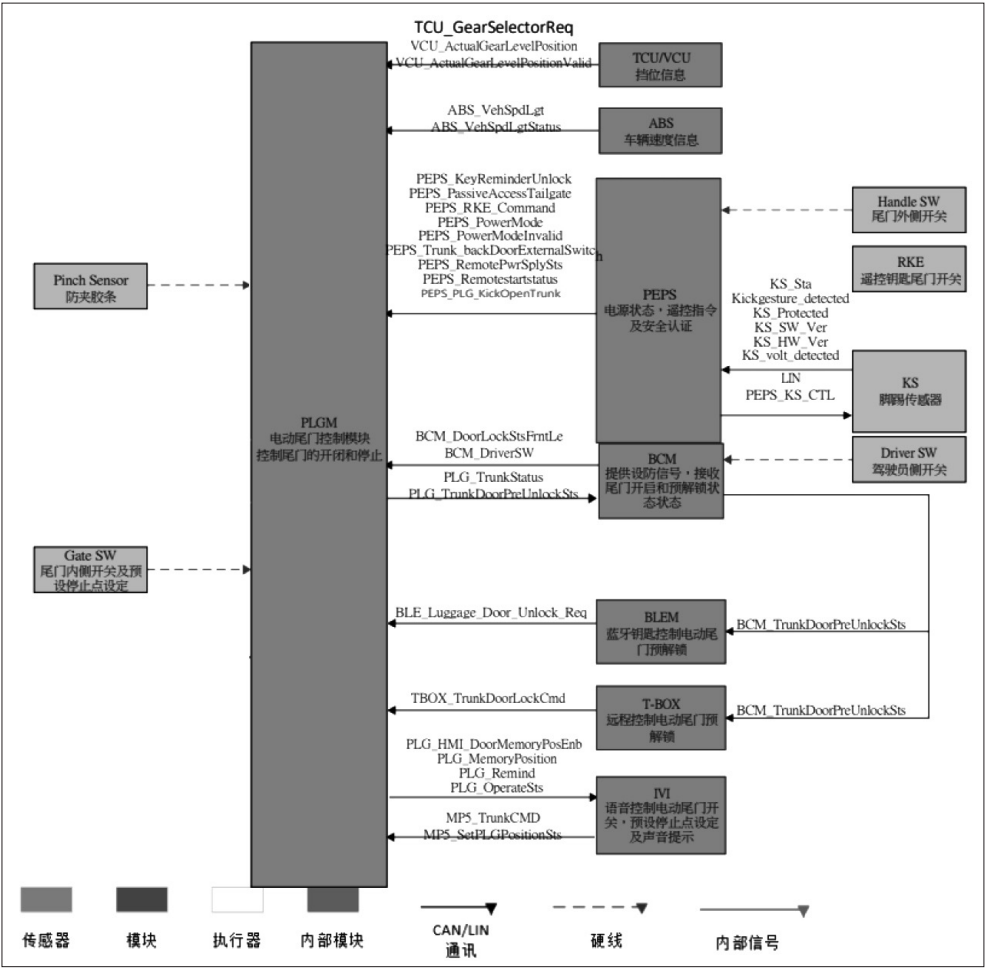


图 1 所示为电动尾门控制系统的交互框图

示为电动尾门区域划分。

2.2 全闭区域电动开门功能

用户在尾门处于全闭区域, 尾门锁处于全锁 / 半锁位置时, 操作门微动开关、主驾侧开关、尾门内侧开关、脚踢感应信号触发、IVI_OPEN 语音控制 (MP5_TrunkCMD=0x1 : OPEN)、TBOX_OPEN 触发 (TBOX_

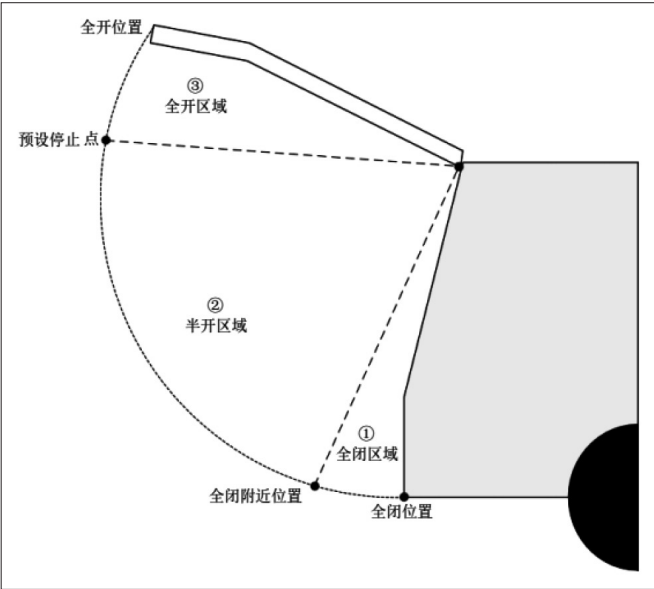


图2 电动尾门区域划分

TrunkDoorLockCmd=0x1 : OPEN) 或遥控钥匙开关长按, 若满足对应电动作启动条件, 则 ECU 控制门锁解锁并使撑杆电机开启。

2.3 全开区域电动关门功能

用户在尾门处于全开区域时, 操作微动开关、主驾侧开关、尾门内侧开关、脚踢传感器触发、IVI_CLOSE 语音控制 (MP5_TrunkCMD=0x1:CLOSE)、TBOX_CLOSE 触发 (TBOX_TrunkDoorLockCmd=0x2:CLOSE) 或遥控钥匙开关长按, 若满足对应电动作启动条件, 则 ECU 控制撑杆电机执行电动关门。

3 电动尾门 HIL 系统结构

如图 3 所示, 电动尾门的硬件在环测试系统由上位机软件、HIL 机柜、电动尾门模块外加真实的撑杆电机、门锁组成。HIL 机柜给 PLG 模块供电, 模拟硬件按钮信号给 PLG, 还与 PLG 之间通过 CAN 总线通讯, 模拟发送总线信号给 PLG 接收, 同时也接收 PLG 模块反馈的信息, 这样就形成了一个闭环测试系统。电动尾门驱动撑杆电机连接如图 4 所示, 它们之间的连接经过 HIL 机柜, 这样 HIL 机柜通过采集就可以知道

撑杆电机的驱动情况, 也可以利用 FIU 故障注入模块模拟断路、短路故障, 做故障诊断测试。

4 电动尾门系统 IO 模型的搭建

IO 模型分为输入输出信号。输入信号采集电动尾门的驱动信息; 输出信号输出给电动尾门模块, 模拟一些开关的输入信号和传感器电阻信号等。IO 模型如图 5 所示。

5 测试软件开发

5.1 手动操作部分

如图 6 所示, 手动操作部分软件主要基于 DSPACE controldesk 平台开发。自动化软件开发前, 先利用搭建好的手动测试界面测试电动尾门的基本功能, 比如模拟



图3 电动尾门 HIL 系统结构

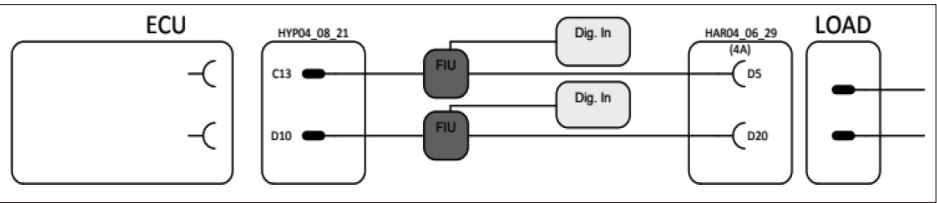


图4 PLG 接真实负载电路图

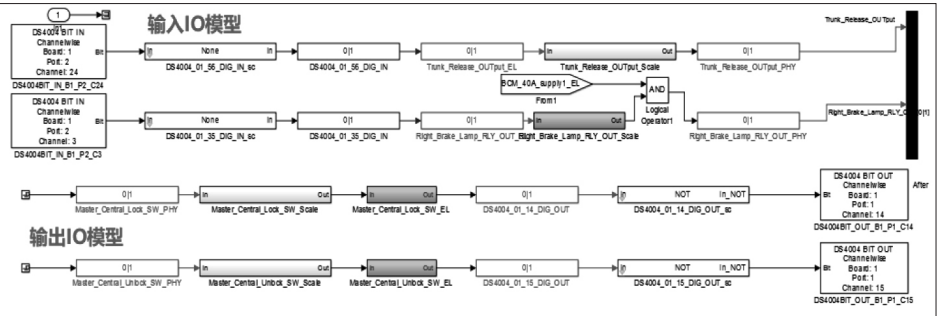


图5 IO 模型

尾门主驾侧开关打开尾门；模拟尾门内侧开关打开关闭尾门；通过长按尾门内侧开关进行尾门高度设定，通过模拟 IVI 总线信号设置尾门开启高度等功能。基于 controldesk 手动操作开发 automationdesk 自动化脚本程序。

5.2 自动操作部分

自动操作部分的软件是基于 DSPACE automationdesk 开发的，如图 7 所示，每一条 sequence 代表了一种不同的测试用例，每一个模块的测试由许多不同的 sequence 测试用例组成。下面以一个具体例子讲解自动化测试：根据电动尾门控制系统交互规范，这里模拟尾门主驾侧开关开电动尾门，IVI 语音控制关电动尾门的测试。尾门开启，工况设置如下：车辆静止状态下车速 ≤5，在电源 IG_ON，尾门关闭并上锁，按下尾门主驾侧开关执行解锁动作，再通过 MP5 语音控制关电动尾门。其具体的动作流程是，在 5s 的时候（图 8 中小柱子），通过 HIL 机柜模拟主驾侧尾门开关按钮按下，此时 BCM 发送一个 BCM_PLG_DriverSW_control=1 信号到 CAN 总线上。PLG 电动尾门控制模块收到 BCM 发送的 BCM_PLG_DriverSW_control=1 信号，驱动尾门锁解锁，当收到尾门锁的半锁反馈和全锁反馈都为解锁（HIL 机柜模拟硬线信号控制），PLG 尾门模块驱动尾门撑杆打开，如图 8 所示，6 ~ 12s 时，尾门开度从 0% 逐渐打开到 100%；在 21s 的时候，通过 HIL 机柜模拟 MP5_TrunkCMD=2 关尾门指令，PLG 电动尾门控制模块收到该信号后，驱动撑杆电机往关门方向旋转；在 22 ~ 27s 时，尾门开度从 100% 逐渐关闭到 0% 过程中，尾门半锁反馈和全锁反馈依次切换为闭锁状态（HIL 机柜模拟硬线信号控制），完成关尾门动作。



图 6 controldesk 手动程序

5.3 自动操作测试结果分析评价

测试评价可以通过 AutomationDesk 自身提供的模块库来判断测试结果，也可通过编写 Python 语言来判断测试结果。本文测试用例就是利用 Python 语言来判断测试结果通过与否。

6 结语

本文介绍了一种通过 DSPACE 平台 HIL 平台自动化测试电动尾门模块的方法。通过了解电动尾门模块的基本功能，规划 HIL 测试的基本原理以及接线电路图。通过 controldesk 平台搭建电动尾门手动测试画面；通过 automationdesk 平台搭建电动尾门自动化测试脚本。并通过一个例子证明 HIL 测试是能够自动有效验证电动尾门控制逻辑和策略，为电动尾门模块的开发测试提供了一种新的自动的测试手段。

参考文献：

[1] 燕冬,王爱春,刘贵涛,等.基于硬件在环的 EMS 自动化测试研究与应用[J].汽车电器,2016(12):57-59.
[2] 吴超,李玲,张燕.Python 脚本在整车控制系统



图 7 automationdesk 自动脚本程序

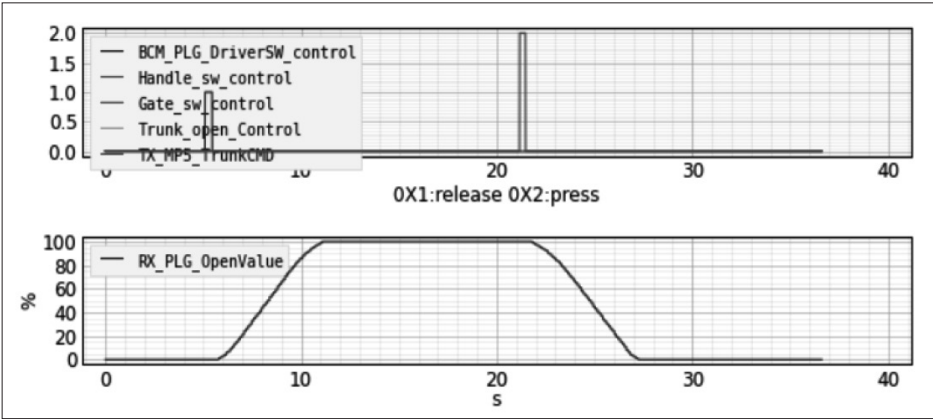


图 8 尾门开启关闭操作

HIL 测试中的应用 [J]. 上海汽车, 2012 (2): 37-40.

[3] 晏江华, 刘全周, 高帅, 马帅. 汽车电动尾门硬件在环测试技术研究 [J]. 国外电子测量技术, 2020 (6): 81-85.

[4] 陈永鹏, 侯效东, 等. 汽车电动尾门控制系统研究 [J]. 汽车实用技术, 2017 (8): 43-45.

[5] 朱石磊, 双元卿. 汽车电动尾门驱动机构研究 [J]. 上海汽车, 2019 (9): 3-6+11.

(上接第 107 页)

行显示和报警。相关信号都进入历史服务器, 能对历史数据进行保存和调取。

升级改造后, 整个电厂 ETS 和 DCS 都将集中在集控室运行操作员站同一块显示屏上, 可显示设备信息更丰富, 使操作监视更为智能和先进 (图 5)。

组危急遮断动作准确, 减少保护误动情况, 提高机组安全性能。机组启动冲转过程中, 由于新系统转速模件内参数设置错误, 按常规将齿数设置为 60 齿, 实际 ETS 转速测量齿轮盘为 83 齿, 从而导致 ETS 转速大于实际转速 700r, 当机组冲转至 2600r 时 ETS 显示 3300r, 导致汽轮机 ETS 保护动作, 进而导致汽轮机跳闸, 从侧面也印证了保护的准确性、可靠性。

8 结语

注重日常工作资料留存, 为后续开展工作提供依据。系统调试过程中要按清单逐一调试, 工作负责人要承担起责任, 熟悉工作内容, 有计划、有针对性地安排工作, 提升改造实施进度, 缩短工期。

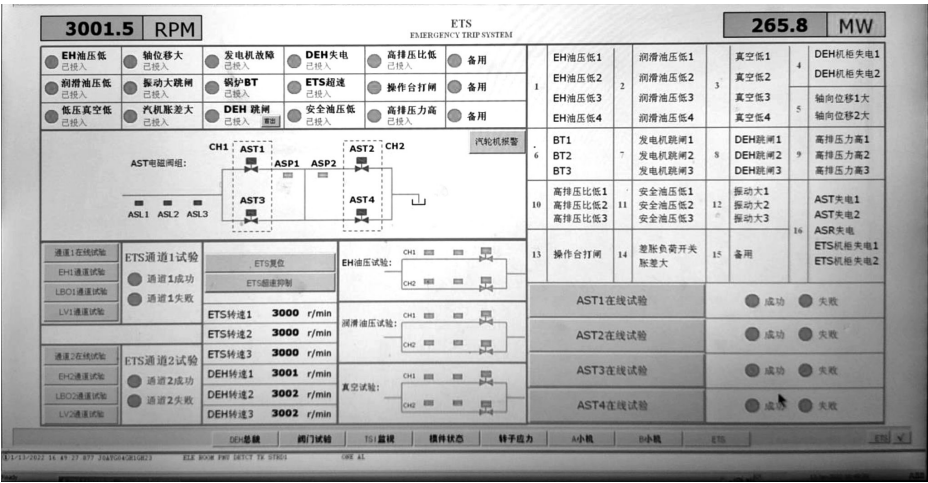


图 5 新 ETS 系统画面集成显示

参考文献:

[1] 张继. 汽轮机 ETS 控制逻辑的缺陷及改造 [J]. 化工自动化及仪表, 2021, 48(01): 96-99.

[2] 孙亚伟, 徐士喜. 330MW 汽轮机组 ETS 改造可靠性 [J]. 科技资讯, 2018, 16(08): 26-27.

作者简介: 张文超 (1988.10-), 男, 汉族, 吉林省吉林市人, 本科, 工程师, 研究方向: 电厂热工自动控制、一次调频、电力安全防护监控。