

ТЕХНОЛОГИЯ HiL КАК СПОСОБ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

HiL-TECHNOLOGY AS A WAY TO CREATE CAR SECURITY SYSTEMS

Швец Д. А., зав. сект., **Мучко Г. Л.**, инж.,

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь

D. Shvets, Head of Sector, **G. Muchko**, Engineer,

The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy
of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

В работе рассмотрена актуальность и эффективность применения HiL-технологий при разработке и тестировании систем безопасности автомобиля, современных методов разработки и тестирования программного обеспечения автомобильных систем.

The study examined the relevance of the use of HiL-technologies in the development and testing of car security systems, modern methods for developing and testing software for automotive systems.

Ключевые слова: HiL – технологии, система безопасности автомобиля, система реального времени, виртуальное моделирование

Keywords: HiL – technology, car security system, real-time system, virtual test.

ВВЕДЕНИЕ

Современный автомобиль является интеллектуальным цифровым продуктом. Последнее десятилетие определило активное развитие новейших интеллектуальных автомобильных систем, таких как, интеллектуальные системы безопасности автомобиля, системы обмена данными между автомобилем и другими объектами дорожной инфраструктуры (V2X) и т. д., которые обеспечивают более высокую безопасность, надежность, комфорт, топливную экономичность.

Программно-аппаратное моделирование (Hardware-in-the-Loop Simulation, HiL) представляет собой метод, который используется в разработке и испытании сложных технических и технологических

встроенных систем реального времени, при котором реальные сигналы от блоков управления подключаются к виртуальной модели тестируемой системы.

В настоящее время технология НЛ широко применяется в рамках подхода Модельно-ориентированного проектирования (МОП) [1] при разработке и тестировании систем безопасности автомобиля. МОП позволяет существенно сократить экспериментальную стадию отработки интеллектуальных систем и таким образом ускорить процесс разработки, а также снизить его стоимость.

Одним из важных направлений развития интеллектуальных автомобильных систем являются системы безопасности автомобиля. Основным предназначением систем безопасности является предотвращение аварийной ситуации, при возникновении которой система самостоятельно (без участия водителя) оценивает вероятную опасность и при необходимости предотвращает ее путем активного вмешательства в процесс управления. Применение систем безопасности позволяет сохранить управляемость и курсовую устойчивость автомобиля в критических ситуациях.

К широко применяемым интеллектуальным системам, обеспечивающим безопасность автомобиля, относятся: ABS – антиблокировочная система тормозов, ASR – система контроля тягового усилия, ESP (ESC), Electronic Stability Program – система стабилизации курсовой устойчивости, EBD – система распределения тормозных усилий, АЕВ – система экстренного торможения, PDS – система обнаружения пешеходов, EDS – электронная блокировка дифференциала, системы управления продольной динамикой автомобиля (в составе ADAS [2] – усовершенствованной системы помощи водителю, САУ – системы автоматизированного управления).

ТЕХНОЛОГИЯ НЛ КАК СПОСОБ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ, ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Для разработки и тестирования встроенного программного обеспечения автомобильных интеллектуальных систем часто используется V-цикл [3]. Он обеспечивает единую процедуру разработки программных продуктов, аппаратного обеспечения и человеко-машинных интерфейсов.

Схема V-цикла разработки и тестирования программного обеспечения автомобильных интеллектуальных систем приведена на рисунке 1.

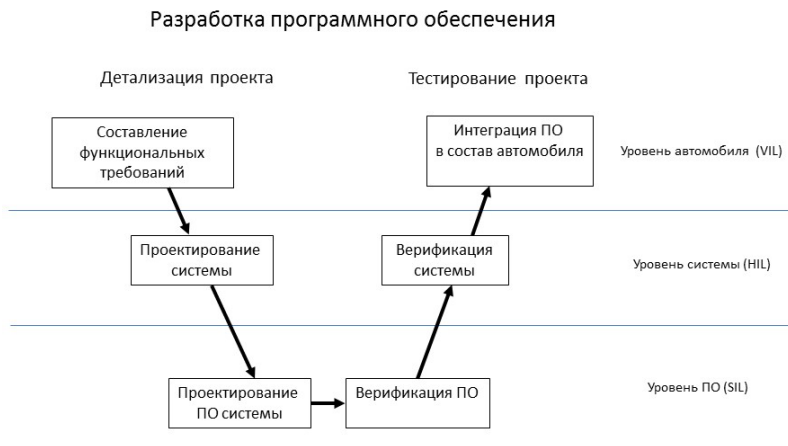


Рисунок 1 – V-цикл разработки и тестирования программного обеспечения автомобильных интеллектуальных систем

Цикл проходит сверху до низу от проектирования системы до интеграции программного обеспечения в состав систем автомобиля. V-цикл делит процесс разработки программного обеспечения на две основные фазы. Левая часть цикла отвечает за анализ требований, разработку функций программного обеспечения и управление изменениями. В правой части цикла сосредоточены основные действия по верификации и валидации. В частности, перед проведением контрольных и приемочных испытаний транспортного средства необходимо протестировать алгоритм управления с помощью аппаратного моделирования (HIL). HIL применяется для широкого круга автомобильных систем, включая различные ЭБУ электрических и гибридных силовых установок, батарей, инверторов и DC/DC преобразователей, трансмиссии, мультимедиа, систем ADAS и др.

Основываясь на измерениях скорости автомобиля, скорости рыскания, поперечного и продольного ускорения, угла поворота рулевого колеса, положения педали газа и тормозного давления, система ESP определяет желаемое движение автомобиля, которое сравнивается с фактическим откликом автомобиля. Чтобы свести

к минимуму разницу между фактической и желаемой траекторией движения, ESP независимо тормозит четыре колеса и, контролирует крутящий момент, развиваемый двигателем.

Так в статье [4] описывается гибкий мехатронный испытательный стенд для электронного блока управления (ECU) ESP/ABS, основанный на технологии HIL. Он состоит из гидравлической тормозной системы легкового автомобиля (от главного цилиндра до тормозных суппортов), со встроенным ЭБУ ESP/ABS и гибкой платформы реального времени, моделирующей динамику автомобиля. Оптимизированная модель транспортного средства с четырнадцатью степенями свободы была разработана для того, чтобы с достаточной точностью воспроизвести динамику транспортного средства. Угловая скорость колес, угол поворота, поперечное/продольное ускорение, скорость рыскания передаются в ЭБУ ABS/ESP как напрямую, так и по шине CAN.

В статье [5] исследуется возможность повышения производительности ESP за счет использования «умных» шин (Smart Tyres), т. е. шин со встроенными датчиками и возможностями цифровых вычислений. В частности, рассматривается логика управления, основанная на прямой и обратной связи по продольным силам, создаваемым четырьмя шинами. Логика управления разработана с использованием инструмента моделирования, сопряженным с испытательным стендом HIL, в котором модель автомобиля взаимодействует с серийным ЭБУ ESP.

В Объединенном институте машиностроения в настоящее время тестируются различные подходы к проектированию интеллектуальных систем автомобильной техники на основе HIL-технологий. На рисунке 2 представлена схема полунатурного испытательного стенда (HIL) для тестирования и отладки систем управления динамикой продольно-угловых колебаний транспортного средства. Данная система позволяет обеспечить высокие показатели плавности хода автомобиля и, в частности, минимизировать продольно-угловые колебания при сохранении его основных компоновочных параметров.

Принцип работы полунатурного стенда следующий. Сигналы от органов управления через модуль сбора данных поступают в модель интерфейса и управления и далее в компьютерную динамическую модель автомобиля. Динамическая модель автомобиля, реали-

зованная в программе ADAMS, передает выходные данные (отклик модели автомобиля на систему управления) в модель управления, созданную в MATLAB Simulink, которые поступают в CAN шину через CAN-USB адаптер и далее направляются в контроллер. Контроллер анализирует полученные данные, формирует, согласно заложенному алгоритму управляющий сигнал, передавая соответствующие значения в CAN шину и далее в модель интерфейса и управления, и затем уже в модель автомобиля.

Применение HIL-технологии при тестировании и отладке системы управления динамикой продольно-угловых колебаний транспортного средства позволяет существенно сократить время на отладку алгоритмов без применения дорогостоящих натуральных испытаний, а также позволяет провести оценку работоспособности алгоритма на потенциально опасных для автомобиля режимах путем проведения виртуальных испытаний.

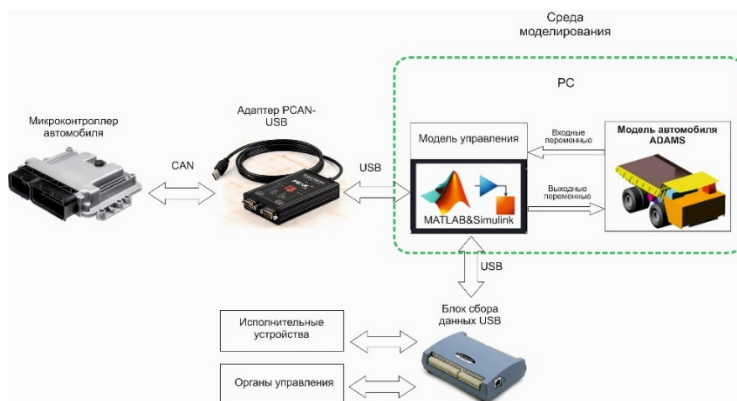


Рисунок 2 – Схема полунатурного испытательного стенда (HIL) для тестирования и отладки систем управления динамикой продольно-угловых колебаний транспортного средства

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа мирового опыта и HIL технологий разработан полунатурный испытательный стенд для тестирования и отладки систем управления динамикой продольно-угловых колебаний транспортного средства. В работе представлена схема полунатурного испытательного стенда HIL, а также показана актуальность при-

менения HIL-технологий при разработке и тестировании интеллектуальных систем автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Деменков, Н. П. Модельно-ориентированное проектирование систем управления / Н. П. Деменков // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2008. – № 11. – С. 66–69.

2. Altran and NI Demonstrate ADAS HIL with Sensor Fusion. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.ni.com/whitepaper/53961/ru/#toc3>. – Date of access: 10.04.2022.

3. What is the V model for software development [Electronic resource]. – Mode of access: <https://x-engineer.org/v-model-software-development>. – Date of access: 21.04.2022.

4. Sabbioni, E. Analysis of ABS/ESP Control Logics Using a HIL Test Bench / Edoardo Sabbioni, Federico Cheli, Vincenzo D'alessandro. SAE International by Warwick University / Politécnico di Milano. – Milan, 2016.

5. Sabbioni, E., Cheli, F., and Melzi, S., Development of an ESP Control Logic Based on Force Measurements Provided by Smart Tires / E. Sabbioni, F. Cheli, S. Melzi / SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst. – № 6(1), 2013. – P. 43–51.

Представлено 11.05.2022