

М. Ф. Садыков, В. М. Гараев, Д. А. Ярославский,
И. А. Муратаев, А. Р. Гайнутдинов

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ ЭМУЛЯТОР ДВС С ГРАФИЧЕСКИМ ПРОГРАММИРОВАНИЕМ АЛГОРИТМА

Ключевые слова: эмулятор ДВС, имитатор ДВС, модель ДВС, разработка ЭБУ, диагностика ЭБУ, инженерный ЭБУ.

Статья описывает аппаратно-программный комплекс эмуляции ДВС созданный в рамках договора №496-ЕП от 8.04.2013, этапы и проблемы при проектировании ЭБУ, а также экономическую целесообразность построения эмулятора. Приводится описание применяемых аппаратных средств, среды проектирования, базовых алгоритмов модели и пользовательские интерфейсы.

Keywords: DVS emulator, DVS simulator, DVS model, development EBU, EBU diagnostics, engineering EBU.

Article describes a hardware-software complex of emulation of DVS created within the contract No. 496-EP of 8.04.2013, stages and problems at EBU design, and also economic feasibility of creation of the emulator. The description of applied hardware, environments of design, basic algorithms of model and the user interfaces is provided.

Ужесточение требований к выбросам вредных веществ, улучшение экономичности перспективных двигателей внутреннего сгорания и повышение потребительских свойств транспортных средств вызывает необходимость непрерывного совершенствования систем управления двигателем, создания и реализации улучшенных алгоритмов управления.

Для сокращения времени адаптации систем управления двигателем, отработки алгоритмов работы отдельных систем и процессов в ДВС, отработки функций бортовой диагностики (OBD) требуется наличие специализированного комплекса состоящего из эмулятора ДВС, системы аппаратной связи с реальным ЭБУ и специализированного программного обеспечения.

Многие крупнейшие мировые производители имеют в своем арсенале подобные комплексы собственной разработки. Однако отечественные производители ДВС не используют подобные комплексы в виду большой стоимости и отсутствия в них моделей отечественных двигателей

Нами разработан прототип эмулятора работы ДВС (рис.1.), который состоит из персонального компьютера, блока ввода-вывода, блока согласования и эмуляции. На персональном компьютере устанавливается набор программ включающих виртуальные модели двигателя, датчиков, управляющих механизмов и блока управления. Программные модули выполняют расчет основных параметров цикла по заложенным данным [2]. Модули виртуальных моделей устройств управления по расчетным данным формируют параметры сигнала соответствующих датчиков и отправляют их в блок ввода-вывода. Программная оболочка является инструментом импорта данных режима моделирования, а так же реализации пользовательских запросов, таких как поворот ключа зажигания, акселератора и других.

Блок согласования и эмуляции служит для согласования уровней сигналов блока управления ЭБУ с сигналами блока ввода-вывода, защиты входных цепей блока ввода-вывода и формирования дефектов устройств системы управления. Блок

состоит из платы согласования исполнительных механизмов, платы согласования датчиков, платы согласования запросов пользователя.



Рис. 1 - Функциональная схема эмулятора ДВС

К персональному компьютеру подключена NI LabVIEW - совместимая плата ввода-вывода NI PCI 6722. На вход платы ввода-вывода подаются сигналы управления форсунками с ЭБУ и сигналы с катушек зажигания. В зависимости от времени пребывания входного сигнала с форсунки на низком уровне (время впрыска) и от времени начала импульса с катушки (угол опережения зажигания) ПК вычисляет значения соответствующих сигналов. Эмулируются датчики положения коленчатого вала, распределительного вала и дроссельной заслонки, а так же - датчик массового расхода воздуха. Эти сигналы подаются в ЭБУ, распознаются ЭБУ как сигналы с реальных датчиков. Таким образом, реализована обратная связь.

Алгоритм эмуляции работы ДВС был разработан в среде NI LabVIEW. В основе LabVIEW лежит графический язык программирования G [1]. Помимо самой возможности программирования среда LabVIEW предоставляет в распоряжение пользователя широкий спектр инструментов и библиотек: от интерактивных мастеров настройки и пользовательских интерфейсов до встроенных компилятора, компоновщика и средств отладки. Эффективность использования среды LabVIEW в

научных разработках состоит в том, что, оставаясь в её рамках, можно разрабатывать как математическую модель объекта, так и снабжать эту модель данными с помощью аппаратных средств ввода-вывода, сопряженных с реальным объектом.

Выбранная для работы с сигналами плата NI PCI 6722 использует четыре аналоговых порта для вывода. Для ввода один цифровой порт. Диапазон сигналов $\pm 5\text{В}$. Частота дискретизации 800 Квыб/с для 1 канала; 182 Квыб/с для 32 каналов. PCI 6722 имеет возможность одновременное обновлять данные, предусмотрено встроенное и внешнее тактирование. Интеграция со средой разработки LabVIEW.

В качестве тестируемого ЭБУ был выбран серийный ЭБУ Январь 7.2. 2111-1411020-81 — функциональный аналог блока Bosch M7.9.7, альтернативная с M7.9.7 отечественная разработка фирмы «Итэлма». Январь 7.2. собран в аналогичном корпусе и с таким же разъемом, его можно использовать на проводке Bosch M7.9.7 с тем же набором датчиков и исполнительных механизмов.

Для ввода данных, формируемых электронным блоком управления, применяется алгоритм непрерывного сбора и выдачи данных или сбор и выдача данных в реальном времени. Этот метод обычно основан на использовании схемы кольцевого буфера. Программная часть включает алгоритм расчета параметров цикла двигателя и эмуляцию сигналов двигателя [3]. Рассмотренный цикл реализует операции формирования сигналов датчиков и их вывод через платы ввода-вывода. Выполняется установка параметров платы ввода-вывода, эмуляция датчиков двигателя. После окончания цикла производится отключение платы ввода-вывода и индикация сообщений об ошибках. Цикл обработки сигналов от ЭБУ выполняет обработку управляющих воздействий параллельно первому циклу.

Лицевая панель программы эмуляции ДВС показана на рис.2. На лицевой панели расположены: задающий регулятор положения дроссельной заслонки, индикатор оборотов двигателя, график времени впрыска форсунок, график эмулируемого сигнала датчика положения коленчатого вала.

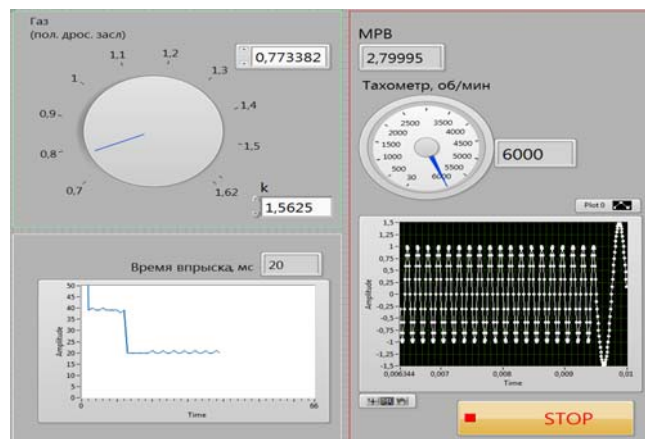


Рис. 2 - Лицевая панель программы эмуляции ДВС и виртуальных моделей датчиков

Реализован и протестирован аппаратно-программный комплекс эмулирующий основных параметров работы двигателя внутреннего сгорания.

Работа выполнена в рамках договора 02.G25.31.0004-12.15.1.

Литература

1. Гиниятуллин, М.М. Вестник Казанского технологического университета, 16, 340-341 (2013).
2. Орлин А.С., Круглов М.Г., Вырубов Д.Н., Иващенко Н.А. Двигатели внутреннего сгорания. М.:Машиностроение, 1983. - 372 с
3. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А., Шмакова Ю.А. Вестник Казанского технологического университета, 12, 71-74 (2012).

© **М. Ф. Садыков** - анд. физ.-мат. наук, доц., зав. каф. СМЭ КГЭУ, sadykov@kgeu.ru; **В. М. Гараев** - нач. бюро электронных систем управления двигателем ОАО КАМАЗ, НТЦ, Vadim.Garaev@kamaz.org; **Д. А. Ярославский** – асс. каф. ЭПА КГЭУ, fbox2@hitv.ru; **И. А. Муратаев** - ст. препод. каф. ЭСиС КГЭУ, wmsg@hotmail.ru; **А. Р. Гайнутдинов** - лаб. УНИЛ «СТ, ВП и ЭС» КГЭУ, ta3map@gmail.com.