

УДК 681.518.5

© 2004 г. **И.Н. Бурдинский,**
Н.Ю. Сорокин

(Хабаровский государственный технический университет)

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

В статье описывается разработанный программно-аппаратный измерительный комплекс, предназначенный для регистрации, хранения и обработки основных характеристик микропроцессорных блоков управления двигателем (МПБУД), использующихся в современных японских автомобилях.

Введение

С развитием микроэлектроники и микропроцессорной техники активно стало развиваться направление по созданию электронных устройств управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Управление двигателем, а именно задание состава горючей смеси и момента искрообразования, производится на основе информации, поступающей с различных датчиков, установленных на ДВС. В настоящее время чаще всего применяются микропроцессорные блоки управления двигателем (МПБУД). Применение устройств данного типа позволяет регулировать характеристики ДВС в широком диапазоне и реализовывать функции управления фактически любой сложности.

При проектировании систем автоматического регулирования ДВС, в том числе и МПБУД, их основные параметры определяются с учетом установленных режимов работы двигателя. Но стоит отметить, что в условиях эксплуатации автомобильных двигателей доля неустановившихся режимов работы очень высока (например, разгон или резкое торможение), поэтому оптимизация параметров систем зажигания и топливоподачи с учетом работы на неустановившихся режимах очень важна при построении систем регулирования двигателя. В связи с этим возникла проблема идентификации регулировочных характеристик, запрограммированных при изготовлении в МПБУД. Данные параметры, а именно управляющие сигналы, поступающие из МПБУД, являются очень важной информацией для создания устройств коррекции стандартных (заводских) характеристик

блоков управления двигателем. Тем самым при применении таких систем удастся достичь максимальных эксплуатационных параметров автомобильных систем. Это целесообразно прежде всего при испытаниях новых автомобильных систем, исследовании продолжительности их устойчивой работы на предельных режимах, выявлении их конструктивных и прочих недостатков.

Двигатель как объект регулирования

Исследованиям в области регулирования ДВС посвящено немало работ, упомянутых в [1]. Как известно, максимальная мощность и топливная экономичность во многом зависят от угла опережения зажигания (УОЗ), т.е. от ориентации процесса сгорания относительно верхней мертвой точки. Регулировочной характеристикой по углу опережения зажигания называется зависимость мощности, удельного расхода топлива и других параметров от угла опережения Θ при постоянной частоте вращения вала двигателя и постоянном положении дроссельной заслонки.

Регулировочные характеристики по УОЗ позволяют:

- установить оптимальное значение УОЗ для каждого исследуемого нагрузочного и скоростного режимов работы двигателя;
- определить предельные мощностные и экономические показатели двигателя для всех режимов при данном составе смеси;
- определить изменение мощностных и экономических показателей двигателя при установке опережения зажигания, отличающегося от оптимального;
- по оптимальным углам УОЗ для скоростного и нагрузочного режимов выбрать и оценить характеристики автомата опережения зажигания.

Существенное влияние на работу двигателя оказывает состав горючей смеси, т.е. соотношение топлива и воздуха в смеси, поступающей в цилиндр. Состав горючей смеси принято оценивать коэффициентом избытка воздуха α , представляющим отношение действительного количества воздуха в смеси G_B к тому количеству, которое теоретически необходимо для полного сгорания всего поданного топлива G_{Tl_0} [1]. Регулировочной характеристикой по составу смеси называется зависимость показателей двигателя от коэффициента α , определяемая при постоянстве скоростного режима и некоторых других факторов, при оптимальных по эффективной мощности N_e УОЗ для каждого состава смеси.

Серия регулировочных характеристик по составу смеси, снятая на нескольких скоростных режимах и при нескольких положениях дроссельной заслонки, используется для оценки качества рабочего процесса по абсолютным значениям предельных показателей двигателя и по составам смеси, соответствующим максимальной мощности, максимальной экономичности и предельным значениям токсичности отработавших газов, а

также для выбора регулировок топливоподающей аппаратуры или для оценки ее работы.

Структура МПБУД и принцип действия

Устройство управления двигателем выполняет две основные функции: управление смесеобразованием (подачей топлива) и моментом зажигания. Соответственно устройство управления состоит из систем топливоподачи и зажигания.

Система топливоподачи двигателя предназначена для обеспечения цилиндров двигателя горючей смесью, регулирования состава смеси и ее точного дозирования. Рассматриваемая нами система топливоподачи ДВС является электронной системой впрыска топлива в распределительный трубопровод [2]. Длительность впрыска топлива регулируется блоком управления двигателя на основании данных о режиме работы двигателя. Значения длительности и фазы (момента) впрыска подобраны на заводе при изготовлении двигателя. Заводские значения обеспечивают оптимальные показатели работы двигателя как по мощности и наилучшей топливной экономичности, так и по токсичности выхлопных газов для установленного режима работы.

Система зажигания двигателя предназначена для генерации импульсов высокого напряжения, вызывающих вспышку рабочей смеси в камере сгорания двигателя, синхронизации импульсов с фазой двигателя и распределения импульсов по цилиндрам двигателя [3].

Применение вакуумного и центробежного регуляторов УОЗ не позволяет получить оптимальный угол, особенно на переходных режимах, поэтому в настоящее время большинство устройств управления двигателем выполняется на базе микропроцессоров. Основными достоинствами систем данного типа являются возможность хранения большого количества информации и изменения ее на всех этапах разработки системы без существенных затрат, высокая точность подсчета частоты вращения коленчатого вала двигателя, воспроизведение записанных в память характеристик практически с любой точностью, неизменность характеристик системы при временном и температурном изменении.

МПБУД структурно состоит из входных усилителей (рис. 1), АЦП, специализированного микропроцессора, ПЗУ и формирователя выходных управляющих импульсов. Входные сигналы блока управления поступают с датчиков, установленных на ДВС, через входные усилители и обрабатываются АЦП. Данные с АЦП передаются на микропроцессор. На основе этих данных микропроцессор блока управления обеспечивает вычисление всех параметров режима работы двигателя и выдачу сигналов управления ДВС на формирователь. По заводским данным из ПЗУ микропроцессор вычисляет требуемый УОЗ и длительность впрыска топлива для текущего

режима ДВС. Сигналы с формирователя поступают на управление форсунками системы топливоподачи и в систему зажигания.

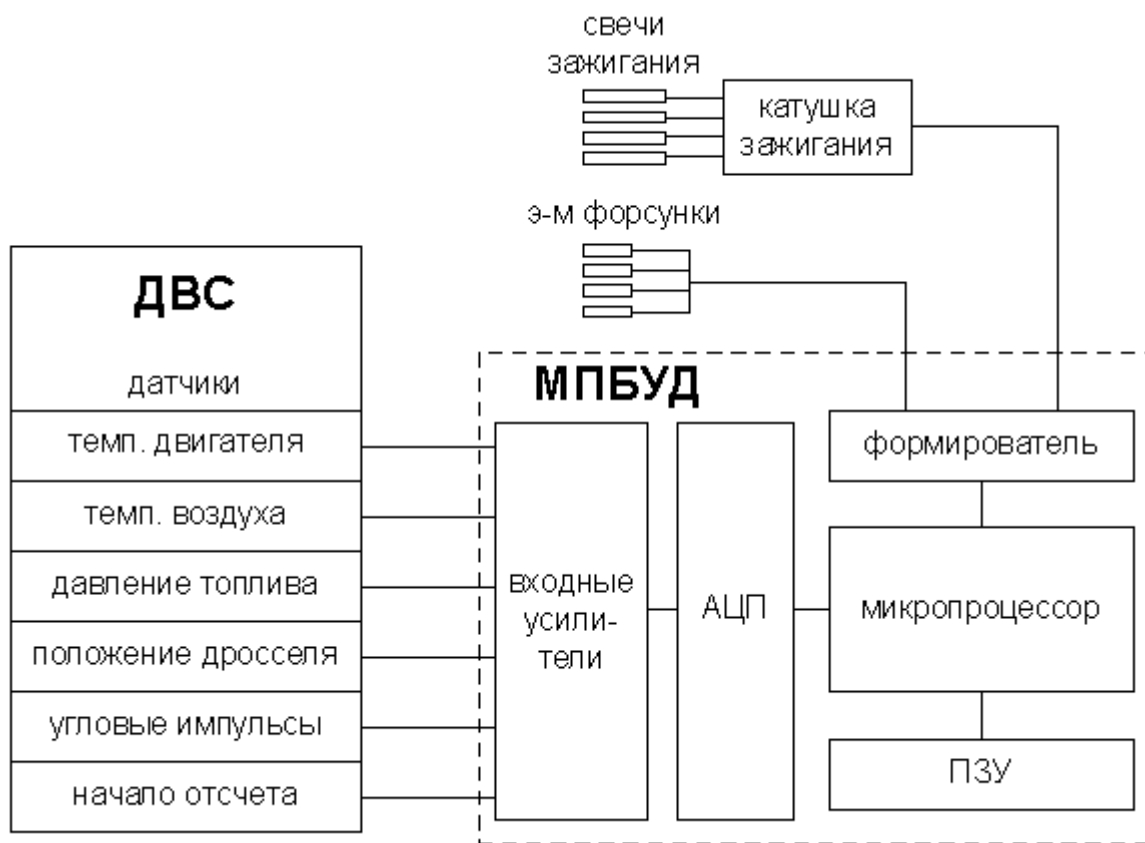


Рис. 1. Структурная схема электронного управления двигателем.

Реализация микропроцессорного комплекса

Для проведения экспериментальных исследований МПУД был разработан специализированный программно-аппаратный измерительный комплекс. Данный комплекс состоит из стенда для подключения МПУД типа 4A-GE фирмы TOYOTA, измерительной системы на основе RISC-процессоров и персонального компьютера (ПК).

Разработанный комплекс позволяет осуществлять:

- эмуляцию всех датчиков двигателя, необходимых для МПУД;
- регистрацию управляющих сигналов, поступающих из МПУД для контроля процессов подачи топлива и зажигания;
- первичную обработку входных данных и передачу их в ПК, используя последовательный интерфейс;
- графическое отображение данных на ПК и их долгосрочное хранение.

С помощью потенциометров на вход АЦП подавалась информация о таких параметрах как температура двигателя, температура воздуха, положение дроссельной заслонки и разряжение во впускном коллекторе. Эмуляция сигнала с датчика вращения производилась с помощью генератора прямоугольных импульсов.

Основой комплекса является система на основе трех RISC микроконтроллеров фирмы Microchip [4, 5]. Один из контроллеров является центральным (далее центральным процессором), остальные – подчиненными ему и выполняющими специализированные функции. Два подчиненных контроллера подключены непосредственно к портам ввода-вывода центрального процессора. В качестве центрального процессора используется 8-битный микроконтроллер PIC16C71, а в качестве подчиненных – PIC16F84-10/P.

Центральный процессор измерительной системы отвечает за инициализацию всей микропроцессорной системы, вычисление параметров режима работы МПБУД, сбор данных с подчиненных процессоров и за передачу данных в ПК.

Используя сигналы от МПБУД, центральный процессор вычисляет текущую скорость вращения вала двигателя в реальном масштабе времени. Два подчиненных контроллера измерительной системы регистрируют управляющие сигналы, поступающие от МПБУД, и отправляют эти данные центральному процессору. Регистрация сигналов – измерение длительности каждого из импульсов с МПБУД – производится непрерывно в реальном масштабе времени. В каждом процессоре выполняются идентичные программы, состоящие из обработчика прерываний, функции измерения длительности, а также функции хранения и передачи измеренных данных в центральный процессор комплекса. Использование всего одного микроконтроллера для регистрации сигналов с МПБУД оказалось слишком сложным из-за ограниченных аппаратных ресурсов PIC16F84: в наличии у микроконтроллера данного типа присутствует всего один таймер и программная память составляет 1024 14-разрядных слова. Данные ограничения усложнили разработку программного обеспечения для микроконтроллера, в связи с чем и было принято решение об использовании двух микроконтроллеров.

Как уже упоминалось, измерительная система подключена к ПК через последовательный интерфейс и все данные из микропроцессорной системы передаются в ПК для обработки и хранения. Программа для связи с микропроцессорной системой, написанная на языке C++ и работающая под управлением операционной системы Windows 98, выполняет следующие функции:

- связь с измерительным комплексом на базе микроконтроллеров с использованием последовательного интерфейса RS232;
- передача команд и прием данных измерений;
- визуализация данных в различных масштабах;
- хранение и загрузка данных.

Для начала измерений пользователь активирует связь с измерительным комплексом на микроконтроллерах. Программа на ПК иницирует обмен данными с комплексом, используя специальный набор команд. Под

управлением ПК центральный процессор измерительного комплекса инициализирует внутренние структуры данных и сбрасывает на два подчиненных ему контроллера. Прием данных от контроллеров центральный процессор осуществляет, используя систему прерываний. Каждый контроллер запрашивает обмен данными, используя входные линии прерываний центрального процессора комплекса. После приема данных от контроллеров, а также вычисления скорости вращения двигателя центральный процессор формирует пакеты определенного формата для передачи в ПК. После этого центральный процессор иницирует обмен по RS232.

На рис. 2 представлена серия измеренных регулировочных характеристик МПБУД 4А-GE, где представлены зависимости угла опережения зажигания (а), фазы впрыска топлива (b) и длительности впрыска топлива (с) от оборотов двигателя для различного разряжения во впускном коллекторе.

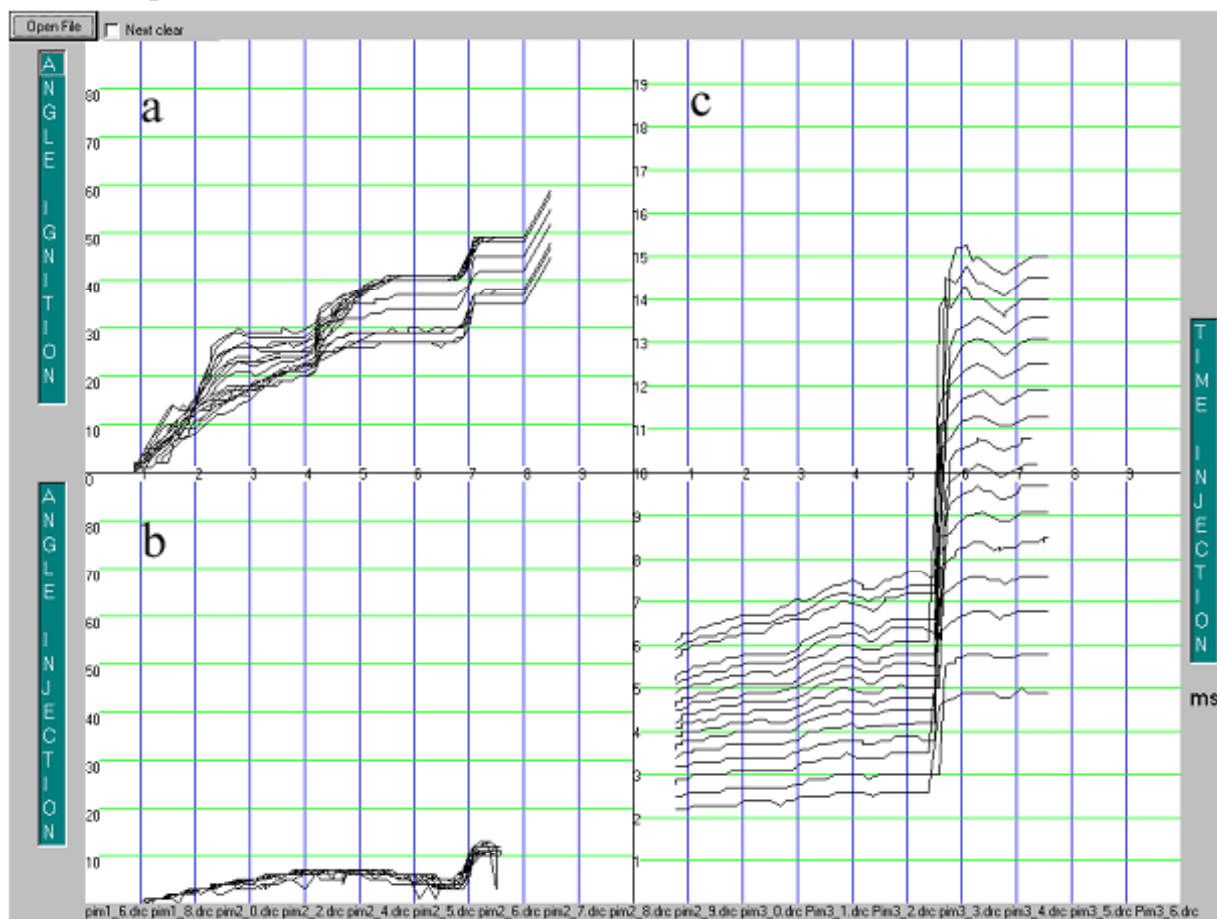


Рис. 2. Регулировочные характеристики МПБУД 4А-GE фирмы TOYOTA.

Серия измерений была проведена при имитации изменения разряжения во впускном коллекторе от 0.6 (холостой ход – PIM = 1.6В) до 1.0 атмосферы (максимальная нагрузка – PIM = 3.6В) в диапазоне от 1000 до 8500 об/мин. На скоростях вращения вала двигателя более 7500 об/мин сигнал управления впрыском топлива оставался постоянно активным.

Заключение

Определение заводских регулировочных характеристик МПБУД – одна из основных задач при построении или усовершенствовании систем автоматического регулирования двигателей, с учетом многих эксплуатационных факторов. Разработанный программно-аппаратный измерительный комплекс позволяет регистрировать заводские регулировочные характеристики МПБУД, эмулируя различные режимы работы двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Крутов В.И.* Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект. М.: Машиностроение, 1978.
2. *Спинов А.Р.* Системы впрыска бензиновых двигателей. М.: Машиностроение, 1995.
3. *Ютт В.Е.* Электрооборудование автомобилей. М.: Транспорт, 1995.
4. PICmicro Mid-Range MCU Family Reference Manual.
<http://www.microchip.com/1010/suppdoc/refernce/midrange/index.htm>
5. *Бурдинский И.Н.* Микроконтроллеры фирмы Microchip // Электронное методическое пособие к изучению курса «Микропроцессорные системы» для студентов специальности 220100 «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»/ Свидетельство о регистрации ВНИИЦ №73200300127, 2003.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Чье Ен Уном.