



А.П. Панычев
А.П. Пупышев
А.И. Шкаленко
Д.В. Шатунов
И.С. Шик

Общие принципы работы системы управления инжекторного двигателя

Екатеринбург
2013

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Кафедра сервиса и эксплуатации транспортных
и технологических машин

А.П. Панычев
А.П. Пупышев
А.И. Шкаленко
Д.В. Шатунов
И.С. Шик

Общие принципы работы системы управления инжекторного двигателя

Методические указания к выполнению практических
и лабораторных работ

для студентов очной и заочной форм обучения

Направления 190600.62 «Эксплуатация транспортно-технологических
машин и комплексов» и 190109.65 «Наземные транспортно-
технологические средства»

Дисциплины «Техническая эксплуатация силовых агрегатов
и трансмиссий», «Конструкция и основы расчета энергетических
установок», «Конструкция и эксплуатационные свойства ТИТМО»,
«Силовые агрегаты», «Конструкция автомобилей и тракторов»

Печатается по рекомендации методической комиссии ИАТТС.
Протокол № 2 от 02 октября 2012 г.

Рецензент - канд. техн. наук, доцент Есюнин Е.Г.

Редактор Л.Д. Черных
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упова

Подписано в печать 16.05.2013		План. резерв
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ	Печ. л. 1,86	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

К современному автомобильному бензиновому двигателю предъявляют следующие требования:

- высокая экономичность;
- выполнение норм ЕВРО по токсичности;
- низкие показатели по шумности;
- точное регулирование угла опережения зажигания и состава смеси на всех режимах работы двигателя.

Выполнение этих требований, особенно по экономичности и токсичности, возможно только при использовании электронных систем.

Если в карбюраторных системах топливоподачи практически не используется электроника, то современные системы зажигания и впрыска топлива создаются только на основе управления электронными системами.

Данное методическое пособие предлагает студентам изучить теоретический материал, касающийся устройства и работы инжекторного двигателя, и закрепить его на стендах во время лабораторных и практических занятий.

1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В основе работы системы впрыска топлива лежат следующие процессы: воздух, который поступает в двигатель, измеряется специальным датчиком расхода воздуха, данные показания переносятся в компьютер (электронный блок управления (ЭБУ)), который анализирует их и с учетом значений различных параметров, заложенных в его памяти (температура воздуха, температура двигателя, степень открытия дроссельной заслонки, скорость, с которой она открывается, скорость вращения коленчатого вала и т.д.), рассчитывает то количество топлива, которое необходимо сжечь в количестве воздуха при данном режиме работы двигателя. Затем ЭБУ передает на форсунки электрический импульс необходимой длительности, открываются форсунки, топливо (которое находится под давлением) впрыскивается во впускной коллектор.

На рис. 1, 2, 3 приведена разновидность электронных блоков управления (ЭБУ или ECU).



Рис. 1. Внешний вид ECU двигателя Fiat

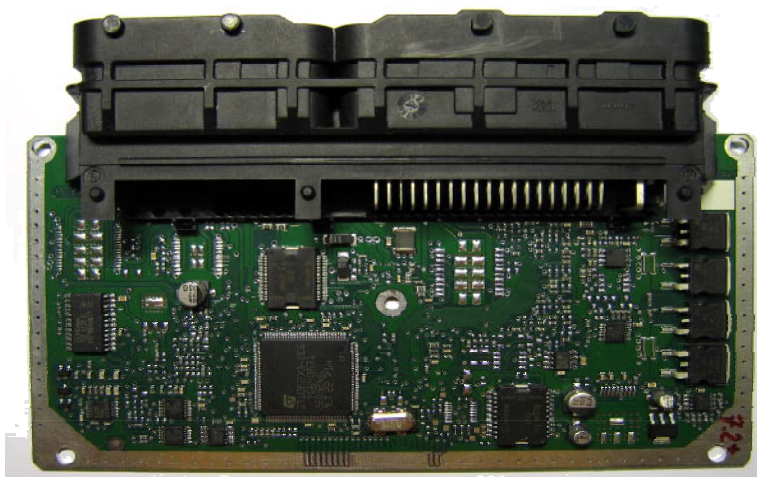


Рис. 2. Внешний вид ЭБУ двигателя Калина



Рис. 3. Внешний вид ЭБУ двигателя ВАЗ 2110

Электронные системы управления двигателем (СУД) подразделяются на два типа: импульсного и непрерывного впрыска.

В системах импульсного типа форсунки открываются импульсным электрическим сигналом и количество топлива, впрыскиваемого в цилиндры, будет зависеть от длительности электрического сигнала. В системах непрерывного впрыска форсунки открываются под давлением топлива и количество впрыскиваемого топлива, будет зависеть от давления топлива. Блок-схема импульсной системы распределенного впрыска топлива представлена на рис. 4.

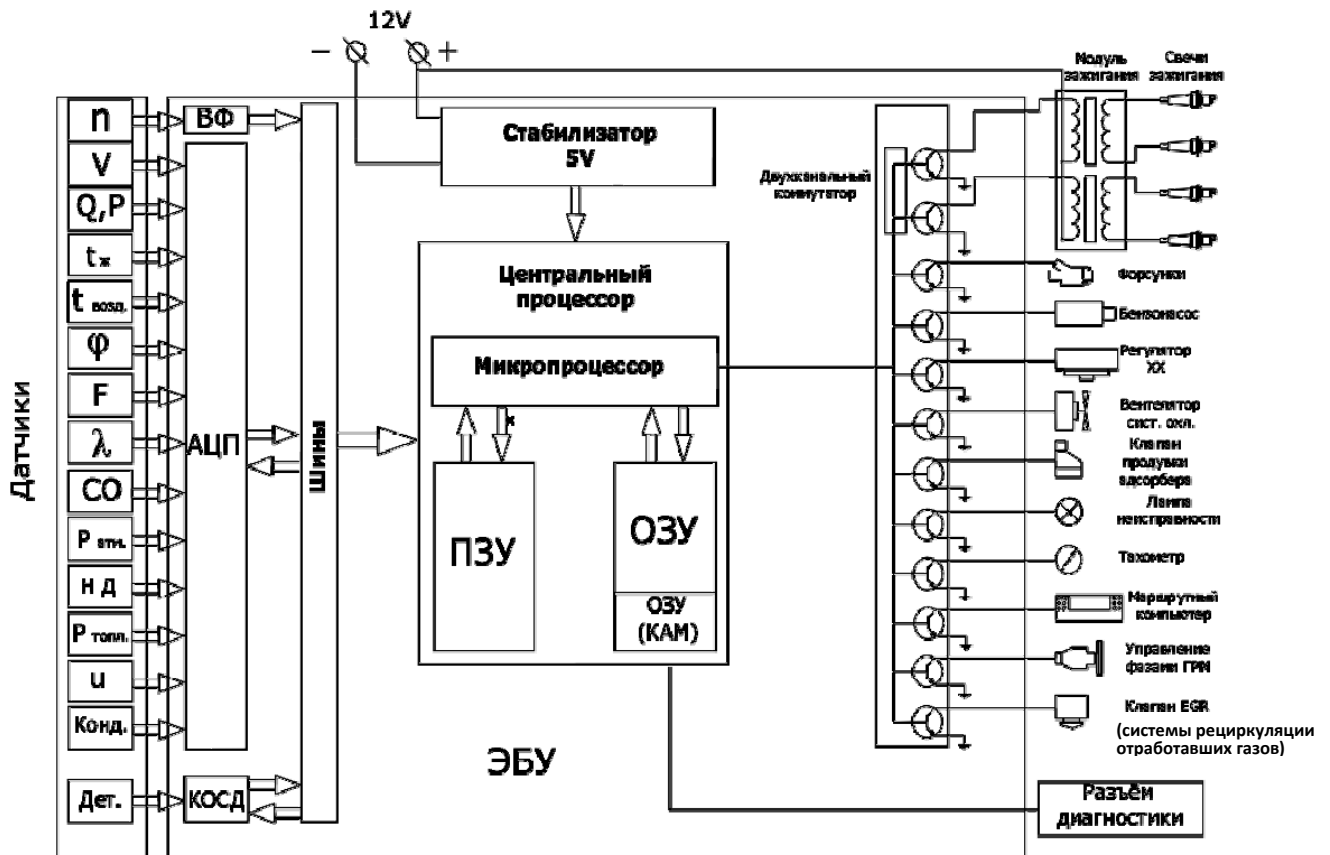


Рис. 4. Блок-схема управления впрыском топлива и зажигания:

n – датчик частоты вращения и положения коленчатого вала; v – датчик скорости движения автомобиля; Q, P – датчик нагрузки на двигатель; $t_{ж}$ – датчик температуры охлаждающей жидкости; $t_{возд}$ – датчик температуры воздуха; ϕ – датчик положения дроссельной заслонки; F – датчик фаз; λ – датчик кислорода; CO – потенциометр (может устанавливаться на автомобилях, на которых не установлен кислородный датчик); $P_{атм}$ – датчик атмосферного давления; $Н Д$ – датчик неровности дороги; $P_{топл}$ – датчик давления топлива; u – сигнал напряжения бортовой сети; $Конд.$ – сигнал включения кондиционера; $Дет.$ – датчик детонации

СУД состоит из датчиков (измерительных преобразователей), ЭБУ и исполнительных устройств. Принципиальная схема СУД представлена на рис. 5.

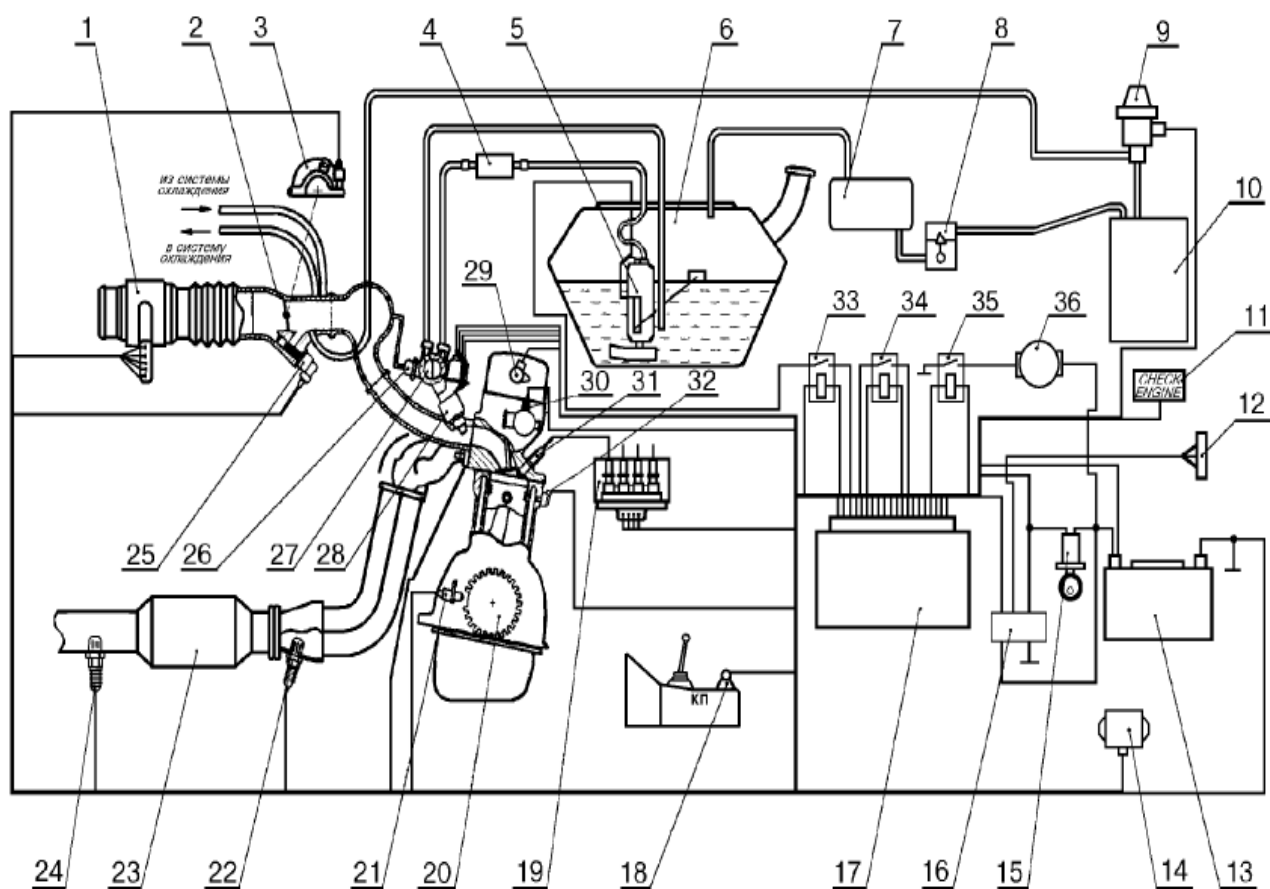


Рис. 5. Схема системы управления ДВС ВАЗ ЕВРО-3:

1 – датчик массового расхода воздуха; 2 – патрубок дроссельный; 3 – датчик положения дроссельной заслонки; 4 – топливный фильтр; 5 – электробензонасос; 6 – топливный бак; 7 – сепаратор; 8 – гравитационный клапан; 9 – электромагнитный клапан продувки адсорбера; 10 – адсорбер; 11 – лампа контроля; 12 – колодка диагностики; 13 – аккумулятор; 14 – датчик неровной дороги; 15 – замок зажигания; 16 – иммобилизатор АПС-4; 17 – ЭБУ; 18 – датчик скорости; 19 – модуль зажигания; 20 – задающий диск; 21 – датчик положения коленчатого вала; 22 – управляющий датчик кислорода; 23 – нейтрализатор; 24 – диагностический датчик кислорода; 25 – регулятор холостого хода; 26 – регулятор давления топлива; 27 – топливная рампа; 28 – форсунки; 29 – датчик фаз; 30 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 31 – свечи зажигания; 32 – датчик детонации; 33 – реле электробензонасоса; 34 – главное реле; 35 – реле электроклапана; 36 – электроклапан системы охлаждения двигателя

СУД работает следующим образом. С датчиков, встроенных в двигатель, снимается информация о режиме работы двигателя: частота вращения коленчатого вала, положение коленчатого вала по углу поворота, расход воздуха или абсолютное давление во впускном трубопроводе, положение дроссельной заслонки, температура охлаждающей жидкости и воздуха, поступающего во впускной коллектор и др. Эти сигналы поступают в ЭБУ,

который перерабатывает полученную информацию и управляет исполнительными механизмами: форсунками, модулем зажигания, регулятором холостого хода, электрабензонасосом, вентилятором охлаждающей жидкости, клапаном продувки адсорбера, клапаном рециркуляции выхлопных газов.

Импульсные сигналы от датчика частоты вращения и положения коленчатого вала поступают во входной формирователь, который преобразует их в импульсы прямоугольной формы.

Нагрузка на двигатель определяется с помощью датчика абсолютного давления во всасывающем коллекторе или датчиком массового расхода воздуха.

По датчику детонации ЭБУ, управляя катушками зажигания, корректирует угол опережения зажигания. По датчику кислорода ЭБУ, управляя форсунками, корректирует количество впрыскиваемого топлива, а следовательно изменяется состав топливной смеси.

Аналоговые сигналы от датчиков преобразуются в аналого-цифровом преобразователе (АЦП) в цифровые коды, которые поступают в микропроцессор. Например, от датчиков расхода воздуха передается не непосредственно расход воздуха, а его электрический аналог – напряжение, величина, которого зависит от расхода воздуха.

Для обработки информации микропроцессор использует только две цифры: 0 и 1. В 8-разрядном микропроцессоре информация представляется в виде набора из восьми бит. Такой набор позволяет отобразить числа от 0 до 256 (число два в восьмой степени равно 256). Напряжение на датчиках изменяется от 0 до 5 В, поэтому напряжение можно измерить с точностью 0,02 В ($5/256 = 0,02$).

В основу принципа действия АЦП положен электронный ключ (рис. 6), который с большой частотой, намного превышающей частоту изменения аналогового сигнала, размыкает и замыкает цепь. Эта частота, называется частотой дискреции, и от её величины зависит количество точек измерения измеряемых напряжений аналогового сигнала. Следовательно, чем больше частота дискреции ключа, тем больше замеров производится АЦП, и точность оцифровки сигнала увеличивается. Каждому конкретному замеру присваивается свой индивидуальный 8-битный код, соответствующий значению кода АЦП в диапазоне от 0 до 255 (учитывая 0 всего 256). В момент замыкания цепи через ключ проходит напряжение и происходит измерение текущего значения аналоговой величины. Это значение аналоговой величины запоминает конденсатор. Заряд конденсатора будет соответствовать напряжению в конкретный момент времени и блок управления присваивает ему цифровое имя (код, к примеру, 10101010), разряжая конденсатор, принимая на себя заряд. Далее процесс повторяется.

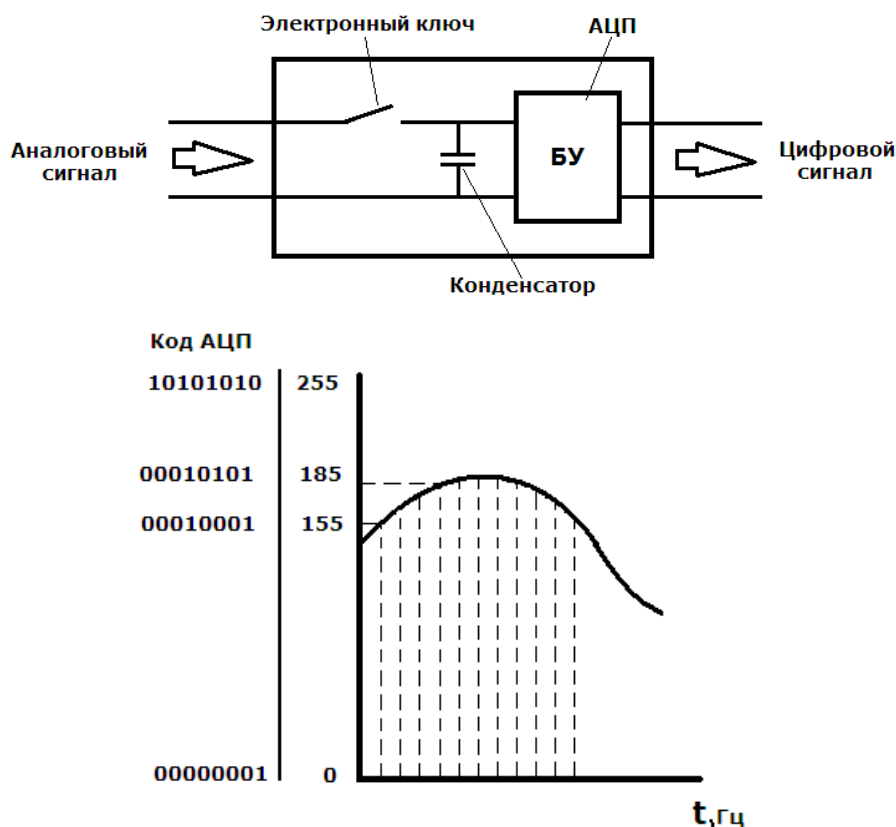


Рис. 6. Принципиальная схема АЦП

Назначение и типы постоянных запоминающих устройств

В постоянно запоминающем устройстве (ПЗУ) хранится программа работы микропроцессора, так называемая «прошивка», которая содержит две части:

- управляющая программа обработки данных «софт», которая производит необходимые расчеты на основе заложенных формул;
- калибровки, которые представляют собой двух-, трехмерные таблицы различных параметров работы системы впрыска и зажигания.

Необходимые параметры для управления исполнительными устройствами вычисляются в соответствии с приходящими данными и набором коэффициентов коррекции, записанных в калибровках ПЗУ. Изменяя данные ПЗУ мы можем влиять на работу практически любого исполнительного устройства из тех, которыми управляет ЭБУ. Например, для получения других мощностных характеристик можно изменить установку угла опережения зажигания, величину времени впрыска, отключить или изменить режим работы систем, контролирующую токсичность выхлопных газов. Кроме того, можно изменить обороты холостого хода, максимально разрешенные обороты двигателя и максимально допустимую скорость автомобиля (при ее электронном ограничении).

Программа в основном зависит от типа блока управления, конструкции двигателя (8-ми или 16-клапанный) и норм токсичности. Содержимое ПЗУ не изменяется при снятии питания аккумуляторной батареи САБ и не изменяется в ходе работы программы.

ПЗУ в грубом упрощении представляет собой ячейки, выполненные в виде конденсаторов. Конденсатор имеет два состояния: заряжен или разряжен, т.е. хранит 0 или 1. Конденсаторы высококачественные и не теряют заряд годами.

Под действием ультрафиолетовой лампы между обкладками конденсатора создается проводящая среда, которая способствует разряду конденсатора. Ультрафиолетовое излучение увеличивает энергию электронов и способствует их передвижению.

ПЗУ бывают двух типов:

– CMOS-UV-EEPROM: данные в ПЗУ стираются ультрафиолетом, обычно установлены в панельку. Такие ПЗУ устанавливаются, например, в ЭБУ BOSCHM1.5.4.

– FLASH: более современная Флэш-ПЗУ, которая допускает неограниченное число циклов перезаписи, причем без извлечения микросхемы из ЭБУ. Такие ПЗУ устанавливаются в современных ЭБУ, например, Январь-5.1 или BoschMP7.0 или Микас 7.1.

FLASH-память – это память ПЗУ со вшитым в нее программатором. Получив сигнал, программатор записывает информацию в ячейки памяти.

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) или память произвольного доступа – RAM (RandomAccessMemory). Предназначена для хранения результатов промежуточных вычислений, величины сигналов, поступающих с датчиков и программных переменных. Содержимое ОЗУ теряется при отключении питания АБ.

Микропроцессор (8 или 16-разрядный), выполняет в ЭБУ все вычисления (деление, умножение, вычитание, сложение), а также логические операции. Отдельные блоки ЭБУ связаны между собой плоскими кабелями, известными под названием шины. По шинам передаются данные (шина данных), адреса памяти (адресная шина), а также сигналы управления (управляющая шина).

Расшифровка обозначений прошивок автомобилей ВАЗ

Идентификационный номер программного обеспечения (ПО) состоит из восьми алфавитно-цифровых знаков.

Пример обозначения: J5 V 05 K 17,

где: первая группа – буква и цифра, обозначают тип (семейство) ЭБУ:

J4 – семейство блоков управления Январь-4;

J5 – семейство блоков управления Январь-5.1;

M1 – семейство блоков управления Bosch Мотроник M1.5.4;

M7 – семейство блоков управления Bosch Мотроник MP7.0;

V – семейство блоков управления VS-5.1;

вторая группа – буква, обозначает автомобиль, состояние разработки или шифр темы:

V – все переднеприводные автомобили ВАЗ семейств 2108, 2110 и классика с распределенным впрыском топлива;

N – семейство полноприводных автомобилей ВАЗ;

K – семейство автомобилей «Калина» 1118,1119;

третья группа – две цифры обозначают условный номер комплектации (00...99); для переднеприводных автомобилей ВАЗ существуют следующие номера:

03 – нормы токсичности Евро-2, 8-клапанный 1,5 л двигатель;

05 – нормы токсичности Евро-2, 16- клапанный 1,5 л двигатель;

07 – нормы России, 16-клапанный 1,5 л двигатель;

08 – нормы Евро-3 (EOBD), 16-клапанный 1,5 л двигатель;

13 – нормы России, 8-клапанный 1,5 л двигатель;

16 – нормы Евро-3 (EOBD), 8-клапанный 1,5 л двигатель;

четвертая группа – буква, обозначает уровень ПО (**A...Z**), чем дальше буква в алфавите, тем более новый ПО;

пятая группа – две цифры, обозначают версию калибровки (**00...99**), чем больше номер, тем новее калибровки.

Приведенный пример расшифровывается как:

– блок управления Январь-5.1;

– семейство переднеприводных автомобилей ВАЗ;

– 16-клапанный 1,5 л двигатель;

– нормы ЕВРО-2;

– версия ПО – «K»;

– версия калибровки «17».

Так как явно назрела необходимость в систематизации прошивок с измененными калибровками, в обозначении прошивок придерживаются следующих правил: калибровки переднеприводных ВАзов – «V», заменены на:

«**A**» – для прошивок на нестандартное «железо»;

«**B**» – «Butan» – прошивки для работы на сжиженном газе;

«**C**» – «Cam» – прошивки под нестандартные распредвалы;

«**D**» – «Dynamic» – для динамичных прошивок;

«**E**» – «Economy» – для экономичных прошивок.

Основным показателем, определяющим мощностные характеристики двигателя, является его способность всасывать большую массу воздуха на тактах впуска. Чем больше топливно-воздушной смеси поступит в цилиндры двигателя, тем выше будет крутящий момент на валу двигателя при условии оптимального состава смеси и угла опережения зажигания.

На серийных автомобилях нет возможности увеличить количество всасываемого воздуха. Поэтому в предлагаемых прошивках изменяют угол опережения зажигания и количество впрыскиваемого топлива (период открытого состояния форсунок), добиваясь тем самым, улучшения ездовых характеристик автомобиля на определенных режимах работы.

Информация о характеристиках двигателя хранится в ПЗУ ЭБУ в форме таблиц, называемых рабочими таблицами. Эти таблицы получаются из трехмерных карт опережения зажигания и таких же карт для периода открытого состояния форсунок. Рабочие таблицы могут быть составлены компьютером для различных сочетаний параметров, однако, прежде всего такими параметрами являются скорость, давление в коллекторе, температура двигателя и, возможно, напряжение аккумулятора. Каждая из таблиц дает, например, свое значение угла опережения, и для определения истинно требуемого угла все результаты сопоставляются. Наконец, ЭБУ выдаст команду силовому ключу системы зажигания на включение или выключение катушки в соответствии с текущим состоянием двигателя. Подобным образом вычисляется и период открытого состояния форсунок.

2. РЕЖИМЫ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ ЭБУ

Первоначальный впрыск топлива происходит каждый раз при пуске. Длительность импульса впрыска зависит от температуры. На холодном двигателе импульс впрыска увеличивается для увеличения количества топлива, а на прогревом длительность импульса уменьшается. После первоначального впрыска ЭБУ переключается на соответствующий режим управления форсунками.

Режим пуска двигателя. При включении зажигания ЭБУ включает реле электробензонасоса, который создает давление в магистрали подачи топлива к топливной рампе. ЭБУ проверяет сигнал от датчика температуры охлаждающей жидкости и определяет правильное соотношение воздуха и топлива для пуска.

После начала вращения коленчатого вала ЭБУ работает в пусковом режиме, пока обороты не превысят 400 об/мин или не наступит режим продувки «залитого» двигателя.

Режим продувки двигателя. «Залитый топливом двигатель» (т. е. топливо замочило свечи зажигания), может быть очищен путем полного открытия дроссельной заслонки при одновременном проворачивании коленчатого вала. При этом ЭБУ не подает импульсы впрыска на форсунки, и двигатель должен «очиститься». ЭБУ поддерживает этот режим до тех пор, пока обороты двигателя ниже 400 об/мин, и датчик положения дроссельной заслонки показывает, что она почти полностью открыта (более 75 %).

Рабочий режим управления топливоподачей. После пуска двигателя (когда обороты более 400 об/мин) ЭБУ управляет системой подачи топлива в рабочем режиме. В этом режиме ЭБУ рассчитывает длительность импульса на форсунки по сигналам от датчика положения коленчатого вала (информация о частоте вращения), датчика массового расхода воздуха, датчика температуры охлаждающей жидкости и датчика положения дроссельной заслонки.

Рассчитанная длительность импульса впрыска может давать соотношение воздуха и топлива, отличающееся от 14,7:1. Примером может служить непрогретое состояние двигателя, так как при этом для обеспечения хороших ездовых качеств требуется обогащенная смесь.

Рабочий режим для системы впрыска с обратной связью. В этой системе ЭБУ сначала рассчитывает длительность импульса на форсунки на основе сигналов от тех же датчиков, что и в системе впрыска без обратной связи. Отличие состоит в том, что в системе с обратной связью ЭБУ еще использует сигнал от датчика кислорода для корректировки и тонкой регулировки расчетного импульса, чтобы точно поддерживать соотношение воздуха и топлива на уровне (14,6...14,7):1. Это позволяет каталитическому нейтрализатору работать с максимальной эффективностью.

Работа системы с последовательным(фазированным) впрыском топлива. ЭБУ включает форсунки последовательно, в порядке зажигания по цилиндрам (1-3-4-2). Датчик фаз дает ЭБУ сигнал о том, когда 1-й цилиндр находится в ВМТ в конце такта сжатия. На основании этого сигнала ЭБУ рассчитывает момент включения каждой форсунки, причем каждая форсунка впрыскивает топливо один раз за два оборота коленчатого вала двигателя, т.е. за один полный рабочий цикл. Такой метод позволяет более точно дозировать топливо по цилиндрам и понизить уровень токсичности отработавших газов.

Режим обогащения при ускорении. ЭБУ следит за резкими изменениями положения дроссельной заслонки (по датчику положения дроссельной заслонки) и за сигналом датчика массового расхода воздуха и обес-

печивает подачу добавочного количества топлива за счет увеличения длительности импульса впрыска. Режим обогащения при ускорении применяется только для управления топливopодачей в переходных условиях (при перемещении дроссельной заслонки).

Режим мощностного обогащения. ЭБУ следит за сигналом датчика положения дроссельной заслонки и частотой вращения коленчатого вала для определения моментов, в которые водителю необходима максимальная мощность двигателя. Для достижения максимальной мощности требуется обогащенная горючая смесь, и ЭБУ изменяет соотношение воздуха и топлива приблизительно до 12:1. В системе впрыска с обратной связью в этом режиме сигнал датчика концентрации кислорода игнорируется, так как он будет указывать на обогащенность смеси.

Режим обеднения при торможении. При торможении автомобиля с закрытой дроссельной заслонкой могут увеличиться выбросы в атмосферу токсичных компонентов. Чтобы не допустить этого, ЭБУ следит за уменьшением угла открытия дроссельной заслонки и за сигналом датчика массового расхода воздуха и своевременно уменьшает количество подаваемого топлива путем сокращения импульса впрыска.

Режим отключения подачи топлива при торможении двигателем. При торможении двигателем с включенной передачей и сцеплением ЭБУ может на короткие периоды времени полностью отключить импульсы впрыска топлива. Отключение и включение подачи топлива на этом режиме происходит при выполнении определенных условий по температуре охлаждающей жидкости, частоте вращения коленчатого вала, скорости автомобиля и углу открытия дроссельной заслонки.

Компенсация напряжения питания. При падении напряжения питания система зажигания может давать слабую искру, а механическое движение «открытия» форсунки может занимать больше времени. ЭБУ компенсирует это путем увеличения времени накопления энергии в катушках зажигания и длительности импульса впрыска.

Соответственно, при возрастании напряжения аккумуляторной батареи (или напряжения в бортовой сети автомобиля) ЭБУ уменьшает время накопления энергии в катушках зажигания и длительность впрыска.

Режим отключения подачи топлива. При выключенном зажигании топливо форсункой не подается, чем исключается самовоспламенение смеси при перегретом двигателе. Кроме того, импульсы впрыска топлива не подаются, если ЭБУ не получает опорных импульсов от датчика положения коленчатого вала, т.е. это означает, что двигатель не работает.

Отключение подачи топлива также происходит при превышении предельно допустимой частоты вращения коленчатого вала двигателя для защиты двигателя от перекрутки.

3. ДАТЧИКИ ИНФОРМАЦИИ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ И УПРАВЛЯЕМЫЕ ЭБУ

3.1. Датчики информации

Датчик положения дроссельной заслонки (ДПДЗ) (рис.7) – это единственный узел, который непосредственно принимает команды от водителя на управление двигателем (педаль «газа», тросик от «газа» – дроссельная заслонка – ДПДЗ). ДПДЗ измеряет положение дроссельной заслонки (ДЗ) и передает ЭБУ, в каком положении находится ДЗ. Все остальные узлы и агрегаты в системе управления двигателем, передают сигналы ЭБУ или принимают сигналы от ЭБУ без участия водителя.

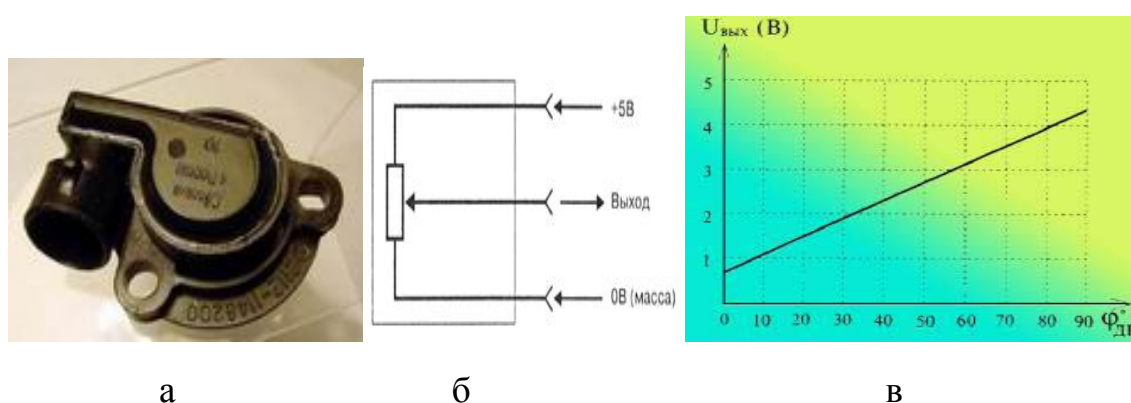


Рис. 7. Один из вариантов потенциометрического датчика положения дроссельной заслонки:

а – внешний вид; б – электрическая схема; в – типичная градуировочная характеристика

ДПДЗ, ДЗ и регулятор холостого хода (РХХ) вместе образуют узел дроссельной заслонки (рис. 8). Датчик положения дроссельной заслонки установлен сбоку на дроссельном узле и связан с осью дроссельной заслонки. Датчик представляет собой потенциометр, на один конец которого подается плюс напряжения питания (5 В), а другой соединен с массой (рис. 7б). С третьего вывода потенциометра (от ползунка) идет выходной сигнал к контроллеру. Когда дроссельная заслонка поворачивается (от воздействия на педаль управления), изменяется напряжение на выходе датчика. При закрытой дроссельной заслонке оно ниже 0,7 В. Когда заслонка открывается, напряжение на выходе датчика растет и при полностью открытой заслонке должно быть более 4 В.

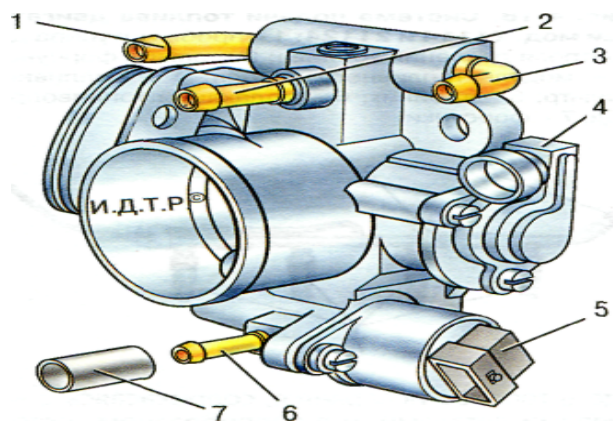


Рис. 8. Схема дроссельного узла:

1 – патрубок подвода охлаждающей жидкости; 2 – патрубок системы вентиляции картера на холостом ходу; 3 – патрубок для отвода охлаждающей жидкости; 4 – датчик положения дроссельной заслонки; 5 – регулятор холостого хода; 6 – штуцер для продувки адсорбера; 7 – заглушка

Отслеживая выходное напряжение датчика, контроллер корректирует подачу топлива в зависимости от угла открытия дроссельной заслонки (т.е. по желанию водителя). Датчик положения дроссельной заслонки не требует никакой регулировки, так как контроллер воспринимает холостой ход (т.е. полное закрытие дроссельной заслонки) как нулевую отметку.

Датчик температуры охлаждающей жидкости (ДТОЖ) (рис. 9) – термоэлектрический резистор. По мере нагревания ДВС, ЭБУ измеряет напряжение на выходе с ДТОЖ и, соответственно, корректирует работу двигателя (обороты ХХ, обогащение подачи топливной смеси, УОЗ, включение и выключение вентилятора ОЖ). Датчик температуры охлаждающей жидкости устанавливается на выпускном патрубке системы охлаждения в потоке охлаждающей жидкости двигателя.

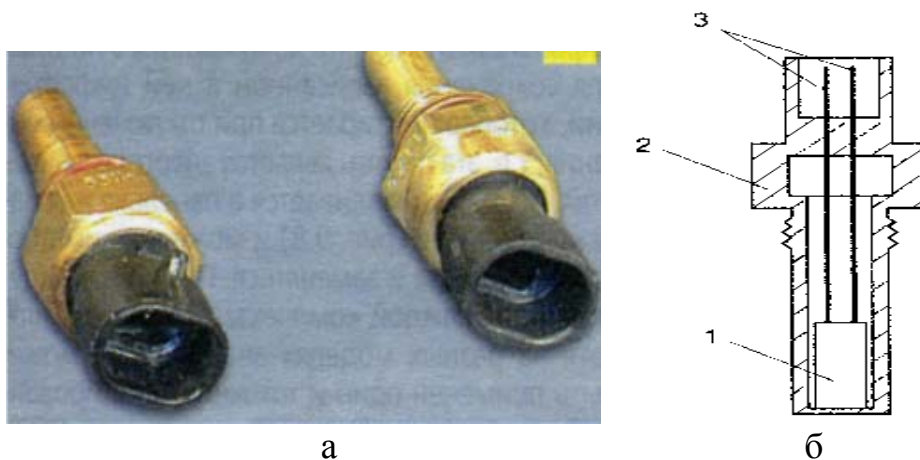


Рис. 9. Датчик температуры:

а – внешний вид; б – конструкция; 1 – полупроводниковый резистор; 2 – металлический корпус; 3 – электрические контакты

Термистор, находящийся внутри датчика, является резистором с отрицательным температурным коэффициентом при нагреве которого сопротивление уменьшается (при $-40\text{ }^{\circ}\text{C} = 100\text{ кОм}$ и $70\text{ Ом} = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$). ЭБУ подает на ДЖОТ напряжение 5 В через резистор с постоянным сопротивлением. Температуру охлаждающей жидкости ЭБУ рассчитывает по падению напряжения на датчике.

Датчик положения коленчатого вала (ДПКВ) (рис. 10) – часто его называют датчиком синхронизации, индукционного типа, устанавливается на передней части двигателя (а/м ВАЗ, ГАЗ, УАЗ) со специальным диском (шкив), жестко укрепленным на коленчатом вале (КВ). ДПКВ и шкив вместе обеспечивают угловую синхронизацию ЭБУ. Диск синхронизации состоит из 60 зубьев, равномерно распределенных по кругу, из которых удалено два зуба ($60 - 2 = 58$). Пропуск двух зубьев из 60 на диске позволяет ЭБУ определить скорость вращения и положение КВ. Зазор между ДПКВ и вершиной зуба диска строго определен и равен $0,8 \dots 1,0\text{ мм}$.

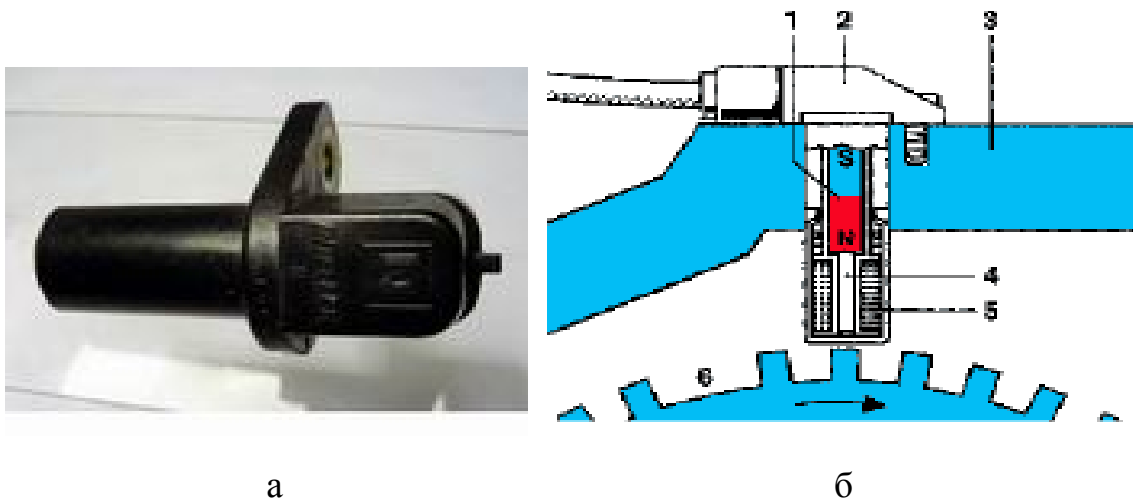


Рис. 10. Датчик положения коленчатого вала:

а – внешний вид; б – конструкция; 1 – постоянный магнит; 2 – корпус; 3 – картер двигателя; 4 – магнитомягкий сердечник; 5 – обмотка; 6 – зубчатое колесо с точкой отсчета

После включения замка зажигания ЭБУ ждет прихода импульсов с ДПКВ. Получив импульсы от ДПКВ, ЭБУ синхронизирует положение и скорость вращения КВ и выдает импульсы для топливных форсунок (Ф.) и модуля зажигания (МЗ). Запуск двигателя и ровная работа означает, что программа ЭБУ правильно определила все 58 зубьев и два пропуска в расчетном временном диапазоне. Если есть сбои импульсов от ДПКВ, то, естественно, это приводит к неустойчивой работе или сбоям в работе ДВС (сбой управления форсунками и МЗ). Увидев сбои от ДПКВ, ЭБУ пытается пересинхронизировать процесс управления.

Датчик фаз (ДФ) или датчик положения распределительного вала (ДПРВ) (рис. 11) – представляет собой полупроводниковый прибор, его принцип основан на эффекте Холла. ДФ выдает один импульс за один цикл работы (два оборота КВ = четырем тактам). Программа, получив импульс от ДФ, определяет ВМТ такта сжатия первого цилиндра и синхронизирует управление форсунками. Благодаря сигналам от ДФ, ЭБУ точнее дозирует качество смесеобразования (фазированный впрыск). Во время фазированного впрыска каждая форсунка получает один импульс за один цикл. При выходе из строя ДФ ЭБУ определяет ошибку и переходит на попарно-параллельный впрыск топлива.

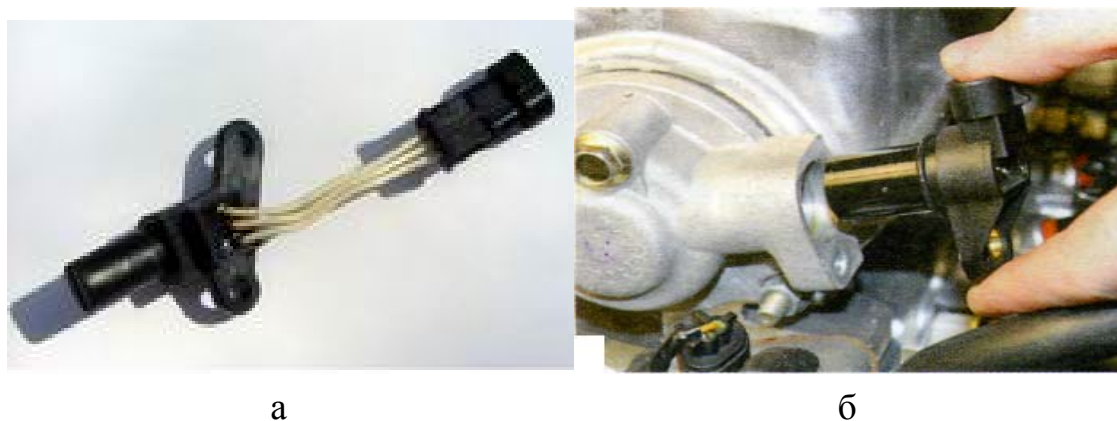


Рис. 11. Датчик фаз:
а – внешний вид; б – место расположения

Датчик скорости автомобиля (ДС) (рис. 12) устанавливается на коробке передач (КПП). Его задача – отправлять импульсы ЭБУ за время определенного оборота колеса. Эти импульсы нужны не только для определения скорости движения автомобиля, но и программе ЭБУ для выбора режима работы. Если нет обрыва или замыкания в цепи ДС, то ЭБУ не может определить состояние автомобиля (в движении машина или стоит). Система самодиагностики ЭБУ распознает выход из строя ДС только при наличии больших оборотов в двигателе в сочетании с большой нагрузкой. В этом случае записывается код ошибки ДС.



Рис. 12. Внешний вид датчика скорости

Датчик кислорода (ДК), или лямбда зонд, (рис. 13) устанавливается на выхлопной системе. Его функция в работе ЭБУ – определение наличия кислорода в отработавших газах (для поддержания стехиометрического состава смеси).

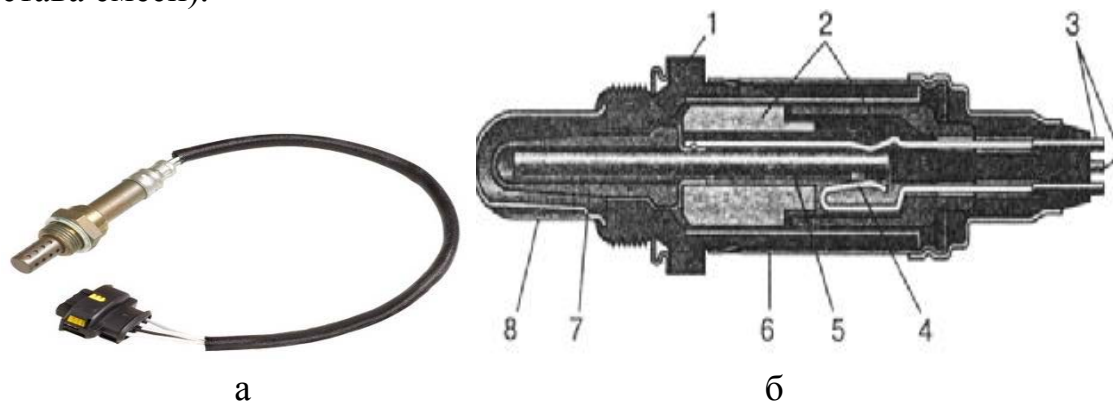


Рис. 13. Циркониевый датчик кислорода:

а – внешний вид; б – конструкция; 1 – корпус; 2 – керамический уплотнитель; 3 – выводы (подогрев и сигнал); 4 – контакт нагревательного элемента; 5 – нагревательный элемент; 6 – кожух; 7 – твердый электролит на основе ZrO_2 ; 8 – защитный колпачок с прорезями

Для нормальной работы датчика кислорода нужна температура не менее $350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Чтобы ускорить нагрев датчика кислорода, особенно после пуска двигателя, в датчик вмонтирован нагревательный элемент. ЭБУ имеет дополнительный модуль прогрева датчика, который подогрев и определяет готовность ДК к работе. На поверхности ДК происходит реакция окисления несгоревшего топлива. Специальный слой способен отдавать или восстанавливать ионы кислорода, тем самым информируя ЭБУ о богатой или бедной смеси. ЭБУ, принимая сигналы ДК, уменьшает или увеличивает время открытия форсунок. Один из важных факторов для правильной работы ДК – сообщение с атмосферным воздухом через свой жгут проводов. Разность концентрации кислорода в атмосфере (поступающий через жгут проводов) и на поверхности рабочей части (выхлоп отработавших газов) является причиной меняющегося выходного сигнала датчика. В бедной смеси (избыток воздуха) рабочую поверхность ДК восстанавливает кислород – напряжение падает. В богатой смеси топливо окисляется кислородом за счет поверхности датчика – напряжение растёт. Выходное напряжение ДК напрямую связано с процессом окисления несгоревшего топлива в выхлопной системе. Неправильное показание ДК бедной смеси, когда в действительности в выхлопной системе богатая смесь, обусловлено загрязнением сажей рабочей поверхности ДК. Рабочая поверхность ДК покрывается сажей, и реакция окисления не происходит. При наличии такого сигнала на ЭБУ от ДК, ЭБУ отдаёт команду на увеличение времени открытия форсунок, тем самым обогащая и так богатую смесь. Или наоборот. При загрязнении канала сообщения ДК с атмосфе-

рой, ДК «видит» бедную смесь и ЭБУ еще сильнее обедняет смесь, уменьшив время открытия форсунок. Такие неполадки ДК легко исправимы. В первом случае поездка на стабильных оборотах (трасса) 50–60 км/час. Обычно после такой поездки неисправный ДК начинает работать нормально. Во втором случае хватает продувки жгута проводов (на стыке с ДК) сжатым воздухом.

Датчик детонации (ДД) (рис. 14) прикреплен к верхней части блока цилиндров и улавливает аномальные вибрации (детонационные удары) в двигателе. Чувствительным элементом датчика является пьезокристаллическая пластинка. При детонации на выходе датчика генерируются импульсы напряжения, которые увеличиваются с возрастанием интенсивности детонационных ударов. ЭБУ по сигналу датчика регулирует опережение зажигания для устранения детонационных вспышек топлива.

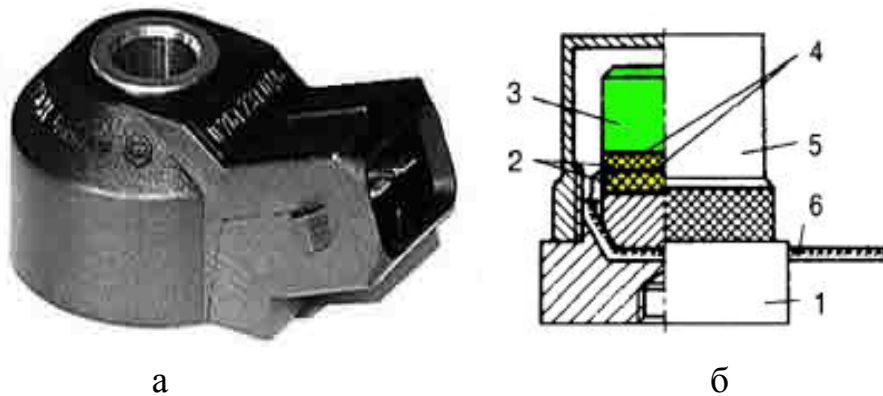


Рис. 14. Пьезоэлектрический датчик детонации:

а – внешний вид; б – конструкция; 1 – основание; 2 – пьезоэлементы; 3 – инерционная масса; 4 – латунная фольга; 5 – крышка; 6 – кабель

Датчик массового расхода воздуха (ДМРВ) (рис. 15, 16, 17) расположен между воздушным фильтром и шлангом впускной трубы.



Рис. 15. Электрическая схема датчика для измерения массового расхода воздуха

В нем находятся температурный датчик и нагревательный резистор. Проходящий воздух охлаждает один из датчиков, а электронная схема датчика преобразует эту разность температур в выходной сигнал для электронного блока управления. В разных вариантах систем впрыска топлива могут применяться датчики массового расхода воздуха двух типов. Они отличаются по устройству и по характеристике выдаваемого сигнала, который может быть частотным или аналоговым. В первом случае в зависимости от расхода воздуха меняется частота сигнала, а во втором случае – напряжение. ЭБУ использует информацию от датчика массового расхода воздуха для определения длительности импульса открытия форсунок.



Рис. 16. ДМРВ фирмы BOSCH



Рис. 17. Внешний вид датчика массового расхода воздуха (ДМРВ) General Motors (GM)

Датчик неровной дороги (рис. 18) дороги применяется в системах, соответствующих нормам Евро-3. Предназначен для измерения амплитуды колебания кузова автомобиля. Принцип его действия основан на пьезоэффекте. Возникающая при движении автомобиля по неровной дороге переменная нагрузка оказывает влияние на угловую скорость вращения коллен-

чатого вала. Созданные при этом колебания частоты вращения коленчатого вала похожи на колебания, возникающие при пропусках воспламенения.

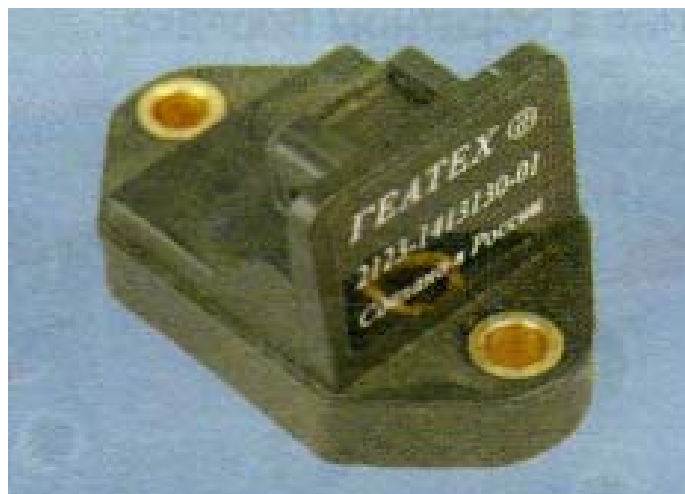


Рис. 18. Внешний вид датчика неровной дороги

Для исключения этой ошибки контроллер при превышении определенного порога сигнала от датчика неровной дороги отключает функцию диагностики пропусков воспламенения.

3.2. Исполнительные механизмы управления ДВС

Шаговое реле холостого хода (РХХ) (рис. 19, 20) устанавливается на узле ДЗ и обеспечивает прохождение воздуха через байпасный канал (канал холостого хода). От сечения байпасного канала зависит поступление воздуха в двигатель при закрытой ДЗ, что напрямую зависит от положения вала шагового мотора (прогрев, обороты ХХ). Задача РХХ – поддержание заданных оборотов холостого хода.

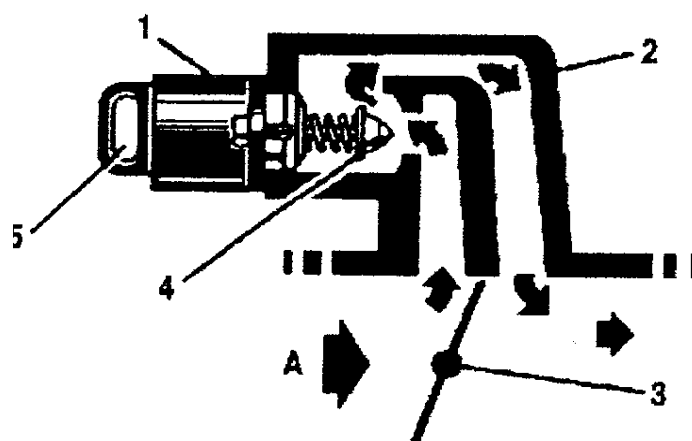


Рис. 19. Схема регулировки подачи воздуха РХХ:

- 1 – шаговый двигатель регулятора холостого хода; 2 – дроссельный патрубок;
- 3 – дроссельная заслонка; 4 – запорная игла клапана РХХ; 5 – электрический разъем;
- А – поступающий воздух

РХХ также обеспечивает:

- 1) прогрев холодного двигателя, поддержание повышенных оборотов и плавный сброс по мере нагрева при закрытой ДЗ;
- 2) при открытии ДЗ, воздух проходит через ДЗ и байпасный канал, т.е РХХ, должен быть готов к резкому закрытию ДЗ, тем самым обеспечивая плавный сброс оборотов до заданного ХХ;
- 3) компенсационное повышение оборотов перед включением таких механизмов как кондиционер, вентилятор системы охлаждения.

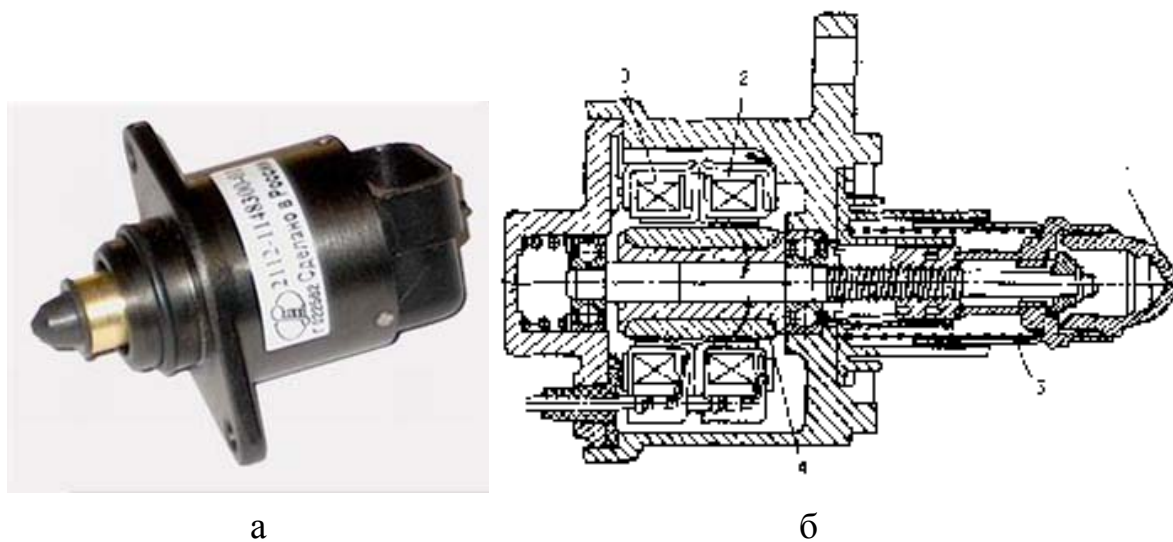


Рис. 20. Регулятор холостого хода с шаговым электродвигателем:
 а – внешний вид; б – конструкция; 1 – дросселирующий элемент; 2, 3 – обмотки шагового электродвигателя; 4 – ротор шагового электродвигателя; 5 – пружина

Выход из строя РХХ приводит к следующим сбоям системы:

- 1) остановка двигателя после сброса газа или невозможность работы на ХХ;
- 2) повышенные обороты ХХ, увеличивающиеся по мере прогрева двигателя.

Все неисправности, связанные с линией управления шагового мотора (РХХ) и самого РХХ, легко обнаруживаются диагностическим оборудованием.

Электромагнитные форсунки (рис. 21)

Топливные форсунки ВАЗ установлены вместе с рампой на впускном коллекторе. Одна форсунка на каждый цилиндр. Топливная форсунка дозирует подачу топлива под давлением во впускную трубу цилиндра по команде контроллера. Форсунка представляет собой устройство с электромагнитным клапаном, которое при получении электрического импульса управления с контроллера впрыскивает топливо под давлением на тарелку

впускного клапана. По истечении электрического импульса форсунка перекрывает подачу топлива. Топливо может подаваться двумя методами: синхронным, т.е. при определенном положении коленчатого вала, или асинхронным, т.е. независимо или без синхронизации с вращением коленчатого вала. Синхронный впрыск топлива – наиболее часто применяемый метод. Асинхронный впрыск топлива применяется в основном в режиме пуска двигателя.

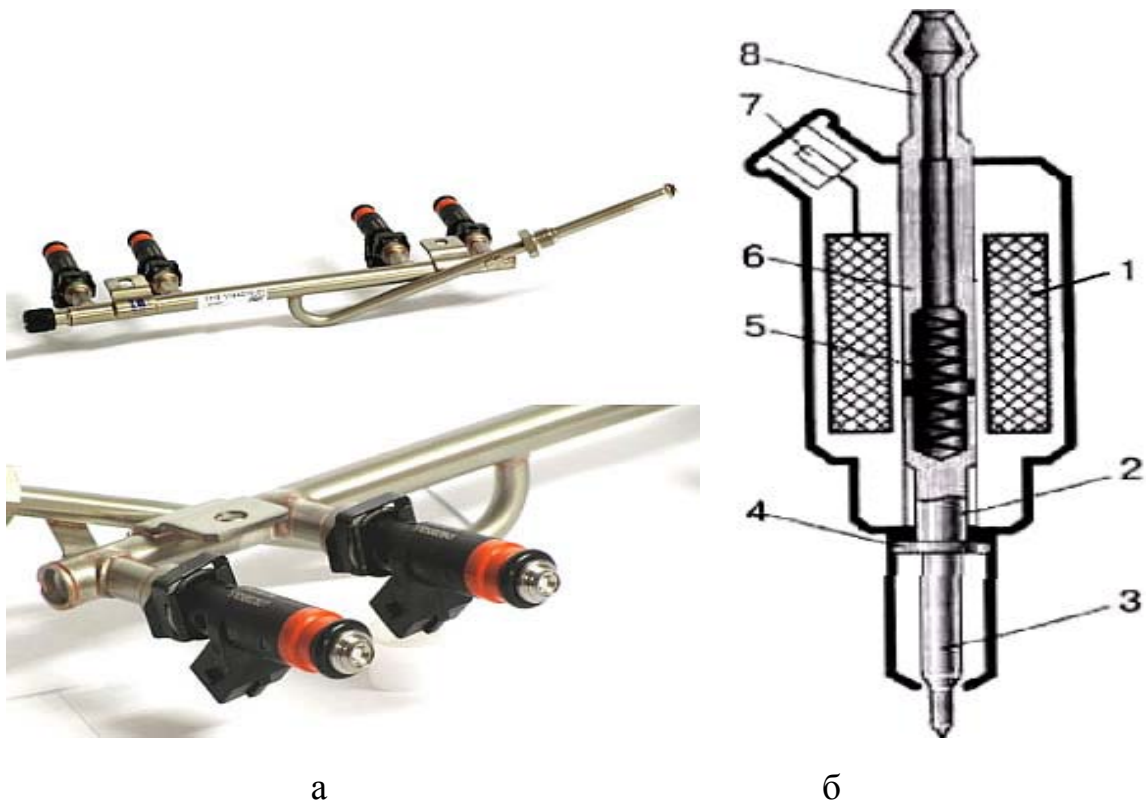


Рис. 21. Электромагнитные форсунки:

а – внешний вид; б – конструктивная схема электромагнитной форсунки;
 1 – обмотка электромагнита; 2 – якорь; 3 – запирающий элемент; 4 – упор;
 5 – пружина; 6 – магнитопровод; 7 – выходные контакты; 8 – штуцер для топлива

Форсунки включаются попарно и поочередно: сначала форсунки 1-го и 4-го цилиндров, а через 180° поворота коленчатого вала – форсунки 2-го и 3-го цилиндров и т.д. Таким образом, каждая форсунка включается один раз за оборот коленчатого вала, т.е. два раза за полный рабочий цикл двигателя.

Электробензонасос (ЭБН) (рис. 22, 23)

Применяется ЭБН турбинного типа. Модуль ЭБН содержит датчик уровня топлива. Сопротивление датчика уровня (Ом) находится в пределах

«min-полный бак» – «max-пустой бак». Напряжение питания подается на ЭБН через реле, которым управляет ЭБУ.

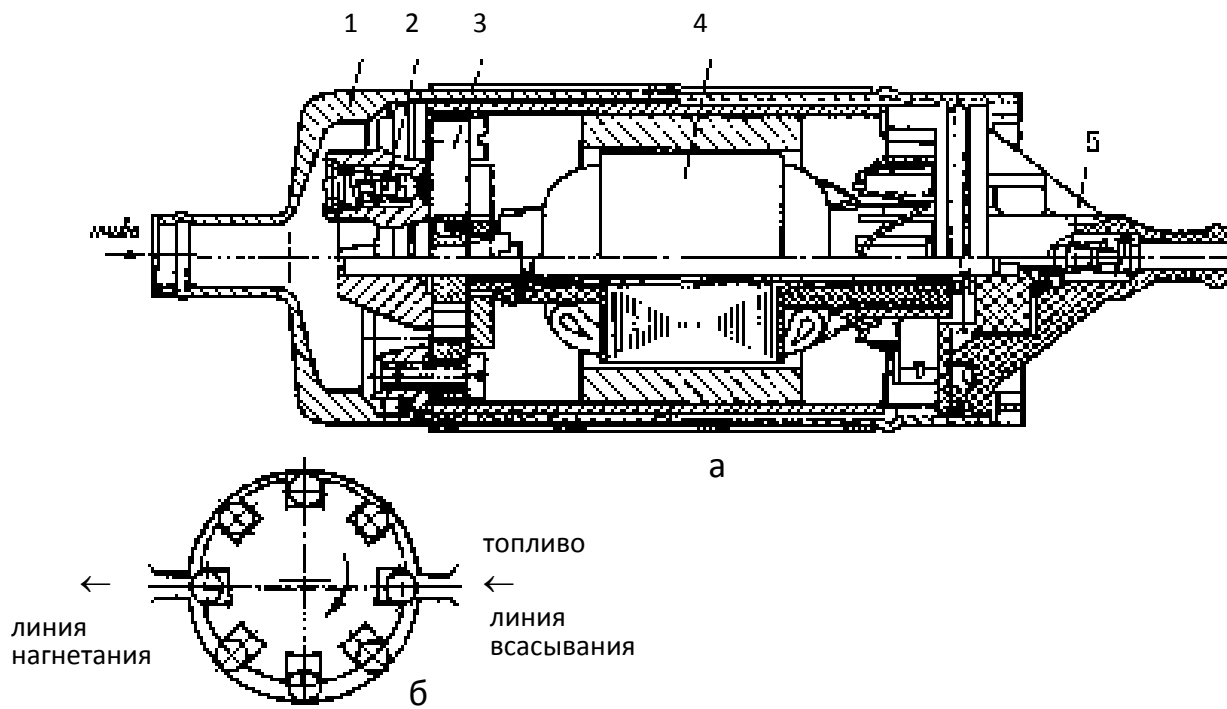


Рис. 22. Электробензонасос (продольный разрез и схема действия):
а – продольный разрез; б – схема действия; 1 – корпус насоса; 2 – предохранительный клапан; 3 – роликовый насос; 4 -электродвигатель; 5 – обратный клапан



Рис. 23. Электробензонасос (внешний вид)

Модуль зажигания (рис. 24) содержит два мощных электронных ключа и две катушки зажигания. Искрообразование происходит по методу «холостой искры», т.е. искра образуется одновременно в двух цилиндрах: 1–4 и 2–3. В одном цилиндре рабочая искра, в другом – «холодная». На 16-клапанных моторах объемом 1,6 литра используются индивидуальные катушки зажигания на каждую свечу с фазированным управлением.



Рис. 24. Модуль зажигания

Вентилятор в системе охлаждения (рис. 25) включается и выключается ЭБУ в зависимости от температуры охлаждающей жидкости двигателя (от 98 до 107 °С), в зависимости от типа ЭБУ двигателя, частоты вращения коленчатого вала, работы кондиционера (если он есть на автомобиле) и других факторов. Электровентилятор включается вспомогательным реле, расположенным в монтажном блоке. При работе двигателя электровентилятор включается, если температура охлаждающей жидкости превысит 104 °С или будет дан запрос на включение кондиционера. Электровентилятор выключается после падения температуры охлаждающей жидкости до 101 °С, после выключения кондиционера или остановки двигателя. В настоящее время переход от механических систем управления к электронным системам управления определил быстрое развитие электронных технологий. Электронные технологии управления создают качественные характеристики рабочей смеси и распределение смеси по цилиндрам. Однако электронные технологии современного автомобиля дороги, они включают более 100 изделий, а их стоимость составляет примерно 30 % стоимости автомобиля.



Рис. 25. Внешний вид вентилятора в системе охлаждения

4. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Цель занятий

1. Изучить общие принципы работы системы управления инжекторного двигателя.
2. Ознакомиться с режимами работы двигателя под управлением электронных блоков управления (ЭБУ).
3. Ознакомиться с общими принципами работы датчиков информации (измерительных преобразователей) и исполнительных механизмов управления ДВС.
4. Используя лабораторный стенд, провести испытания системы впрыска топлива и зажигания согласно предложенной методике.

Лабораторный модуль управления бензинового двигателя
(рис. 26, 27).

Все основные сигналы, характеризующие и определяющие режимы работы системы управления инжекторного двигателя (угловое положение коленчатого вала, положение дроссельной заслонки, температура охлаждающей жидкости, расход воздуха) заводятся в специальную плату сопряжения элементов системы управления инжекторного двигателя. Плата сопряжения обеспечивает согласованную работу всех датчиков и имитаторов режимов работы. Формирует сигналы для безошибочной работы ЭБУ ДВС управления впрыском, обеспечивает управление имитатором привода зубчатого диска коленчатого вала. ЭБУ ДВС получает сигналы от модуля сопряжения и управляет соответствующими элементами инжекторного двигателя в соответствии с заложенной в него программой, как и в реальных условиях эксплуатации двигателя, с учетом частоты вращения колен-

чатого вала, положения дроссельной заслонки, температуры охлаждающей жидкости и расхода воздуха. Входные и выходные параметры работы системы управления инжекторного двигателя передаются ЭБУ на диагностический разъем и могут быть измерены соответствующей диагностической аппаратурой, что позволяет продемонстрировать все процессы, протекающие в системе. Средние значения величин параметров, формируемых на диагностическом разьеме, соответствуют значениям этих величин для реального ДВС.

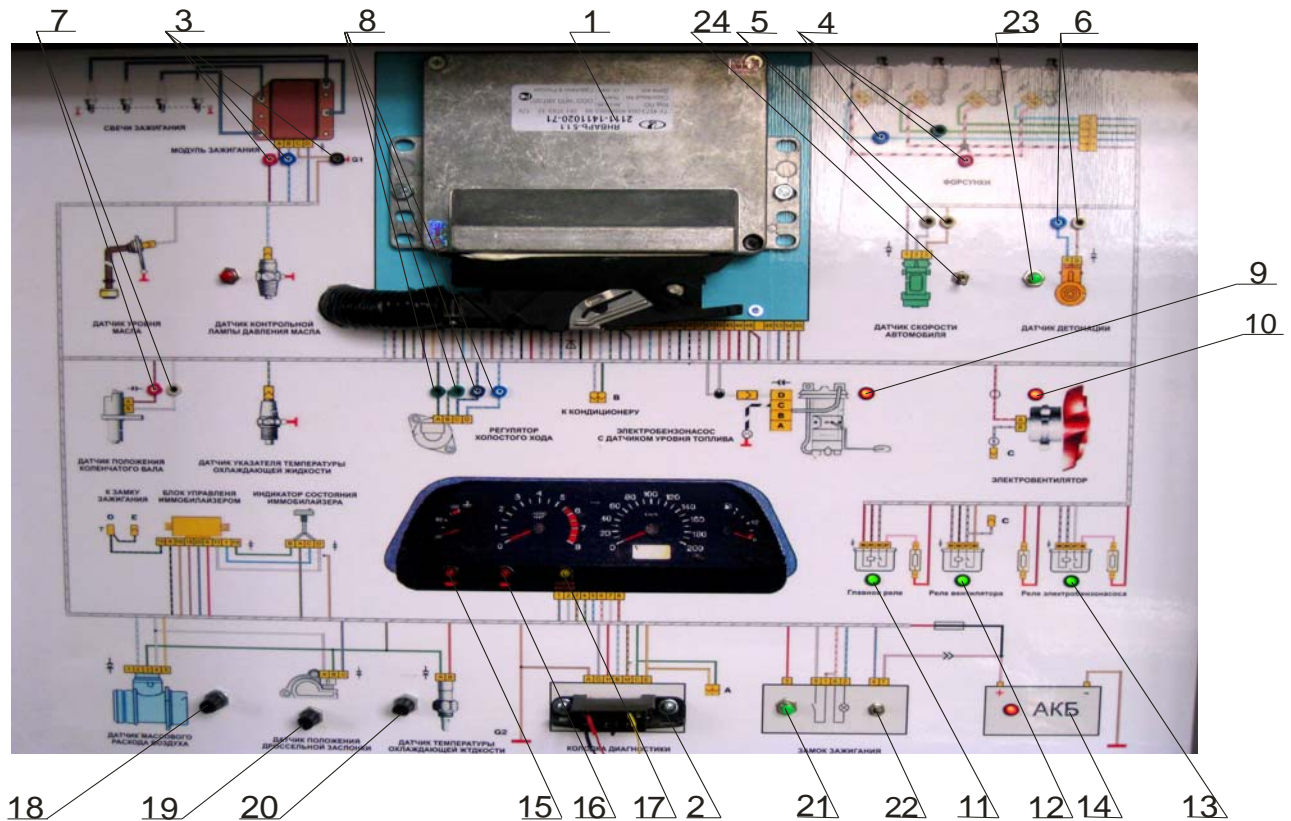


Рис. 26. Общий вид панели лабораторного модуля:

1 – испытываемый ЭБУ; 2 – диагностический разъем.

Контрольные точки для подключения осциллографа: 3 – модуль зажигания;

4 – электромагнитные форсунки; 5 – датчик скорости автомобиля; 6 – датчик детонации; 7 – датчик положения коленчатого вала; 8 – регулятор холостого хода.

Контрольные световые индикаторы: 9 – включение электробензонасоса; 10 – включение электровентилятора системы охлаждения ДВС; 11 – включение главного реле; 12 – включение реле вентилятора; 13 – включение реле бензонасоса; 14 – индикатор наличия напряжения на АКБ; 15 – индикатор давления масла; 16 – индикатор заряда АКБ; 17 – индикатор контрольной лампы Check Engine; 18 – уровень сигнала датчика массового расхода воздуха; 19 – уровень сигнала датчика положения дроссельной заслонки; 20 – уровень сигнала датчика температуры охлаждающей жидкости; 21 – кнопка имитатора включения стартера; 22 – выключатель «Зажигание включено»; 23 – кнопка включения имитатора датчика детонации; 24 – выключатель сигнала датчика скорости автомобиля

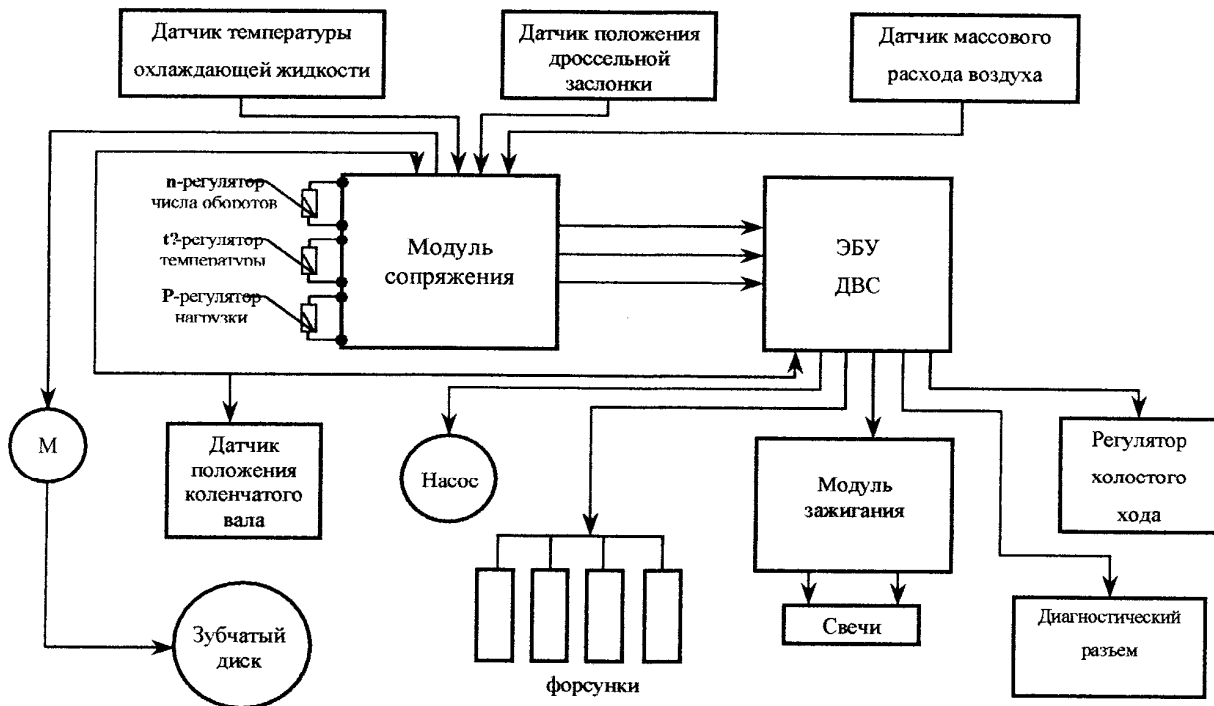


Рис. 27. Принципиальная схема системы модуля управления бензинового двигателя

Подготовка к работе

1. В присутствии преподавателя осмотрите модуль и убедитесь в надежности крепежных винтов, отсутствии отключенных разъемов датчиков, оторванных проводов в монтаже, механических повреждений. При необходимости использования диагностического оборудования для проведения работ, ознакомьтесь с инструкциями на него.

2. Ознакомьтесь с назначением органов управления модулем, расположенных на передней панели (см. рис. 26).

3. Перед подключением к сети убедитесь, что клавиша «Сеть» находится в положении выключено, выключатель замка зажигания соответствует положению «0» (нижнее), регуляторы температуры, расхода воздуха, находятся в крайнем левом положении.

4. Подключите модуль к внешней сети 220 В, 50 Гц с помощью сетевого шнура. Если предполагается использование диагностического оборудования, подключите кабель связи к диагностической колодке стенда.

5. Включите клавишу «Сеть». По свечению клавиши и индикатора наличия напряжения на АКБ убедитесь, что питание подано.

6. Переведите в верхнее положение выключатель «Зажигание включено» (поз. 22, рис. 26). Должны включиться контрольные лампы щитка приборов: «заряд АКБ» (поз. 16, рис. 26), «давление масла» (поз. 15, рис. 26), «Check Engine» (проверить двигатель) (поз. 17, рис. 26). Кроме того активизируются световой индикатор главного реле, световой индикатор электробензонасоса и исполнительные элементы системы.

7. Нажмите кнопку имитатора включения стартера (поз. 21, рис. 26) и удерживайте ее в течение 2–3 сек. Произойдет включение имитатора коленчатого вала и элементы системы придут в движение. Изменение состояния и параметров системы будет отображено на осциллографическом экране SMS-Diagnostic2.

8. Для проверки работоспособности органов управления модулем переведите регулятор температуры (поз. 20, рис. 26) в крайнее правое положение, обороты имитатора коленчатого вала должны снизиться до 800 (± 100) об/мин. При повороте рычага привода дроссельной заслонки (поз. 19, рис. 26), обороты имитатора коленчатого вала должны изменяться в соответствии с его положением. При нормальном функционировании лабораторного модуля приступите к выполнению работы.

9. Переведите в нижнее положение выключатель «Зажигание включено» (поз. 22, рис. 26), дождитесь выключения «главного реле» (состояние реле показывает световой индикатор (поз. 11, рис. 26), отключите клавишу «сеть», выньте шнур из сети питания.

Цель работы

Изучение системы впрыска и зажигания, а также исследование влияния внешних параметров на работу системы управления двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

Порядок выполнения работы

Все работы, выполняемые на стенде проводить только в присутствии преподавателя. Конструкция лабораторного модуля выполнена таким образом, чтобы обеспечить максимальную приближенность характеристик модуля к выходным параметрам реального инжекторного двигателя при имитации заданных условий эксплуатации. Запуск модуля (подача питания на узлы системы управления инжекторного двигателя, пуск двигателя имитатора положения коленчатого вала) и его остановка осуществляются включением и выключением выключателя «Зажигание включено» (поз. 22, рис. 26). Старт двигателя осуществляется нажатием кнопки имитатора включения стартера (поз. 21, рис. 26). Рекомендуемое время удержания кнопки 2–3 сек. После запуска модуля кнопку отпустить. Обороты имитатора коленчатого вала установятся в соответствии с положением регуляторов температуры охлаждающей жидкости и положением дроссельной заслонки. Выключение осуществить переводением в нижнее положение выключателя «Зажигание включено» (поз. 22, рис. 26). Для имитации работы системы управления двигателем при различных температурах охлаждающей жидкости используйте регулятор температуры (поз. 20, рис. 26). Перемещение его в крайнее левое положение имитирует условия работы инжекторного двигателя «на холодную». Обороты имитатора коленчатого вала при работе системы на холостом ходу повышены, время впрыска топ-

лива и его количество существенно увеличено. Перемещение регулятора температуры в правое положение имитирует работу системы «на горячую». Обороты холостого хода должны снизиться до 800 (± 100) об/мин при достижении крайнего правого положения, что соответствует полностью прогретому двигателю. При температуре более 105 °С должен включиться имитатор вентилятора системы охлаждения. Изменение числа оборотов имитатора коленчатого вала производится поворотом рычага привода дроссельной заслонки (поз. 19, рис. 26), обороты имитатора изменяются в соответствии с его положением и скоростью перемещения. Изменение выходных параметров системы управления (углов опережения зажигания, времени впрыска топлива) автоматически меняются в соответствии с положением регуляторов, имитирующих работу двигателя. Регулятор расхода воздуха (поз. 18, рис. 26) изменяет среднее значение сигнала о расходе воздуха для данных условий, и имитирует работу двигателя при различной нагрузке. Крайнее левое положение соответствует минимальному коэффициенту расхода воздуха, а крайнее правое максимальному. При изменении положения регулятора расхода воздуха изменяется время впрыска. Регистрацию выходных параметров системы управления двигателем (рис. 28, 29) рекомендуется выполнять с помощью SMS-Diagnostic2 подключаемого к диагностическому разъему.

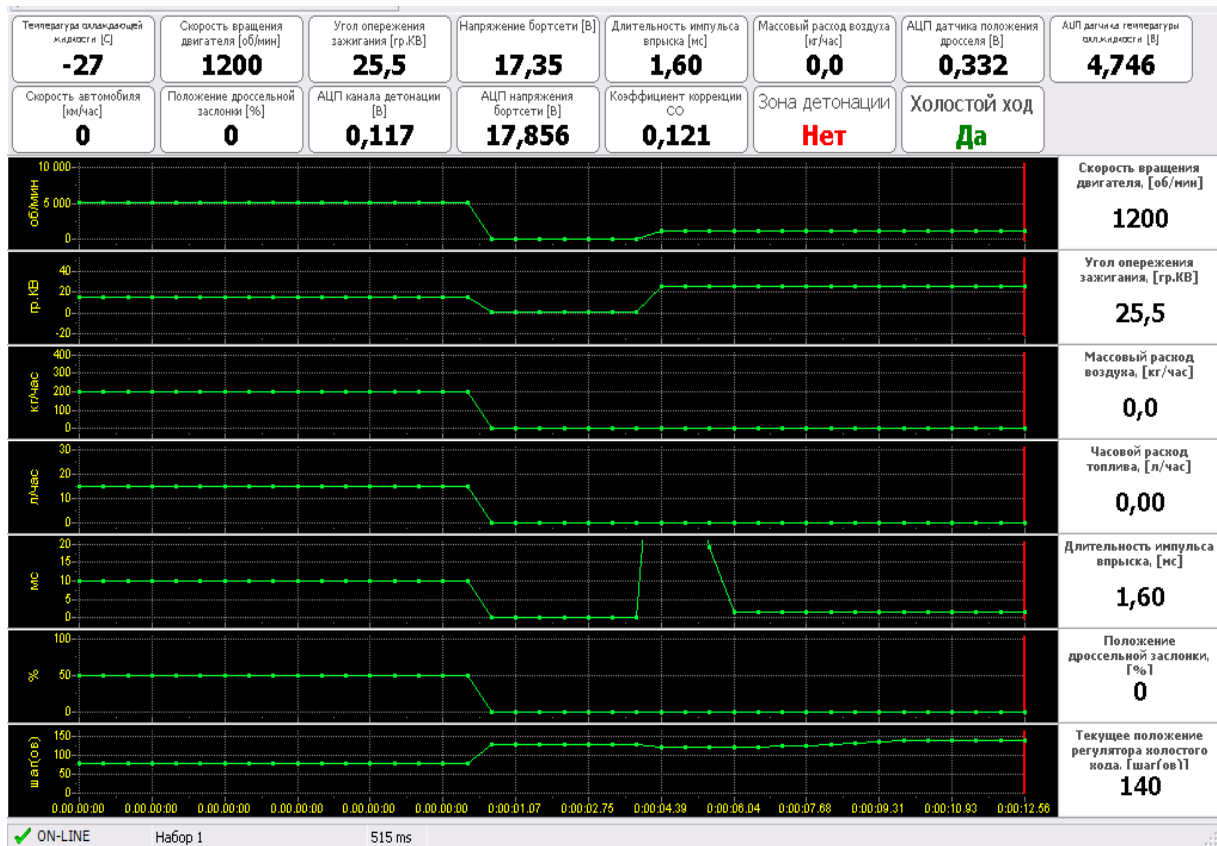


Рис. 28. Пример сбора выходных параметров инжекторной системы управления двигателем, выполненный с помощью SMS-Diagnostic2 (Режим пуска двигателя)

Режим пуска двигателя. При включении зажигания ЭБУ включает реле электробензонасоса, и он создает давление в магистрали подачи топлива к топливной рампе. ЭБУ проверяет сигнал от датчика температуры охлаждающей жидкости и определяет правильное соотношение воздуха и топлива для пуска. После начала вращения коленчатого вала ЭБУ работает в пусковом режиме, пока обороты не превысят 400 об/мин или не наступит режим продувки «залитого» двигателя.

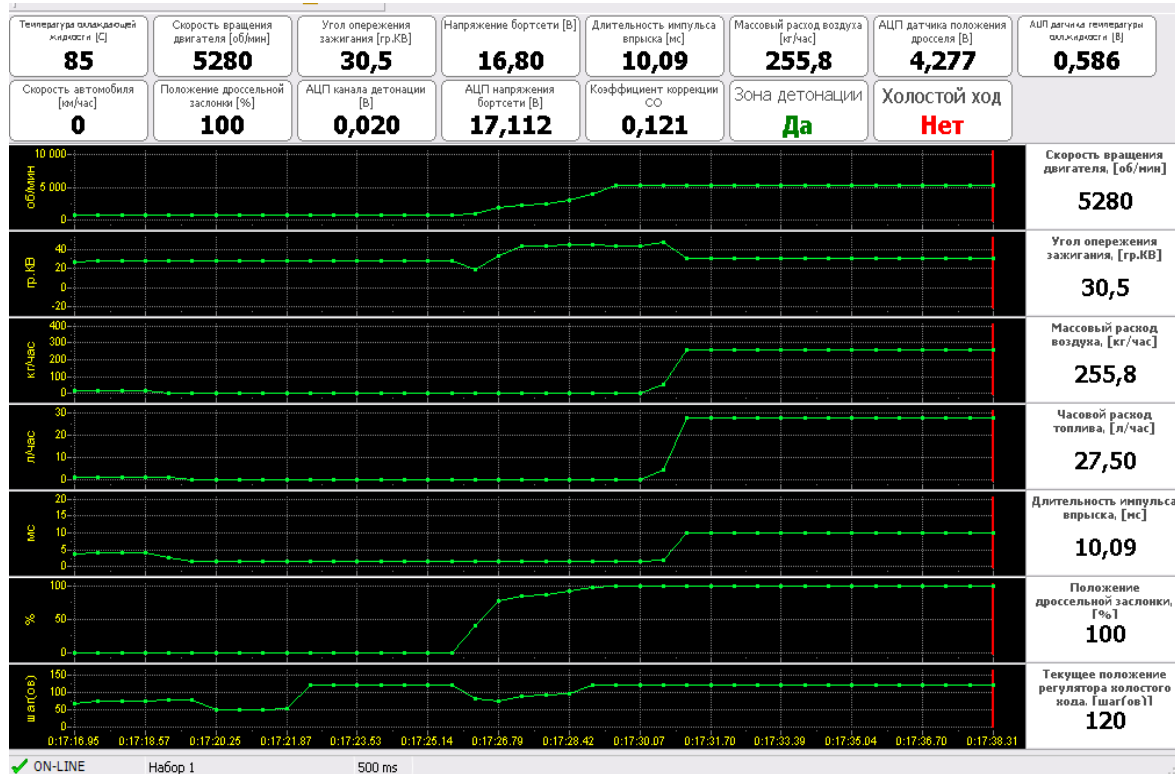


Рис. 29. Пример сбора выходных параметров инжекторной системы управления двигателем выполненный с помощью SMS-Diagnostic2 (Режим обогащения при ускорении)

Режим обогащения при ускорении. ЭБУ следит за резкими изменениями положения дроссельной заслонки (по датчику положения дроссельной заслонки) и за сигналом датчика массового расхода воздуха и обеспечивает подачу добавочного количества топлива за счет увеличения длительности импульса впрыска. Режим обогащения при ускорении применяется только для управления топливоподачей в переходных условиях (при перемещении дроссельной заслонки).

Содержание отчёта

В отчет помещается схема испытания лабораторного модуля, коротко описывается принцип его работы и ход выполнения лабораторной работы.

В отчете необходимо дать заключение о техническом состоянии испытуемого модуля и возможности его использования в работе ДВС.