

Лекция 6.

ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

Часть 1

Электронная система управления двигателем (ЭСУД) основана на цифровом управлении исполнительными устройствами, входящими в состав различных систем двигателя. Это управление выполняется с помощью микроконтроллера на вход которого приходят сигналы от ряда датчиков. В микроконтроллере установлено соответствующее программное обеспечение. Такая структура управления работой автомобильного двигателя позволяет существенно улучшить экономичность и уменьшить вредные выбросы. Кроме того повышается мощность и крутящий момент ДВС, а также его надежность.

Использование цифрового управления двигателем позволяет максимально оптимизировать работу последнего. Появляется возможность учитывать состояние окружающей среды, качества топлива, степень износа двигателя, управляющих воздействий водителя через педали акселератора и тормоза, переключение передач, работу электропотребителей и т.п.

Электронное управление впрыском топлива и зажиганием практически обеспечивает оптимальный состав топливовоздушной смеси, необходимые момент и энергию искрообразования. ЭСУД в конечном счете снижает токсичность отработавших газов при одновременном улучшении рабочих показателей двигателя в целом. Иными словами, удается добиться топливной экономичности, добиться улучшения динамических показателей двигателя и ездовых качеств автомобиля. Хорошая приемистость и экономичность двигателя достигается максимальным использованием антидетонационных свойств бензина, что удается при помощи обратной связи и процесса обучения с использованием датчика детонации. Датчик контролирует жесткость сгорания (скорость нарастания давления в цилиндре), сообщает об этом блоку управления (БУ), который при необходимости корректирует угол опережения

зажигания (УОЗ).

Снижение токсичности отработавших газов (ОГ) и одновременное повышение экономичности также обеспечивается обратной связью. Лямбда-зонд следит за количеством кислорода в ОГ и тем самым за оптимальностью процесса сгорания.

На двигателях современных автомобилей применена система распределенного впрыска топлива, т. е. для каждого цилиндра используется своя топливная форсунка. Форсунки включаются парами 1-4 и 2-3 цилиндров (порядок работы двигателя 1-3-4-2).

Состав топливовоздушной смеси регулируется длительностью управляющего импульса, подаваемого на форсунки (чем длиннее импульс, тем большее время форсунка открыта и, следовательно, больше будет впрыснуто топлива). Топливо может подаваться синхронно (зависимо от положения коленчатого вала) и асинхронно (независимо от положения коленчатого вала). Последний режим используется при пуске двигателя.

- В общем случае ЭСУД выполняет следующее:

- управляет моментом и длительностью впрыска топлива;
- управляет временем накопления энергии в катушках зажигания и моментом зажигания;
- управляет частотой вращения коленчатого вала на режиме холостого хода;
- управляет электрическим бензонасосом;
- управляет электроventильатором системы охлаждения;
- управляет электроклапаном продувки адсорбера;
- управляет контрольной лампой или лампой диагностики («CHECK ENGINE» — проверь двигатель или контроль двигателя);
- управляет муфтой компрессора кондиционера (если он установлен);
- взаимодействует с противоугонной системой (если она установлена);
- формирует диагностические коды неисправностей и взаимодействует со сканирующими тестерами, показывающими их;

–формирует сигналы скорости автомобиля, расхода топлива и т. д. для маршрутного компьютера (если он установлен);

–формирует сигнал частоты вращения коленчатого вала для тахометра.

Выполнение всего перечисленного осуществляется по результатам обработки информации о контролируемых параметрах, поступающей от датчиков.

Контролируемые ЭСУД параметры:

- положение коленчатого вала (в угловых градусах до ВМТ в 1-м цилиндре);
- частота вращения коленчатого вала;
- массовый расход воздуха;
- температура охлаждающей жидкости;
- положение дроссельной заслонки;
- напряжение бортовой сети;
- скорость автомобиля;
- наличие детонации;
- содержание кислорода в отработавших газах;
- наличие запроса на включение кондиционера (если он установлен);
- пароль противоугонной системы на разрешение пуска двигателя (если есть иммобилайзер).

Значения всех перечисленных параметров поступают в блок управления ЭСУД, где происходит их обработка и формирование команд управления исполнительными устройствами (форсунками, модулем зажигания, бензонасосом и т. д.). В общем случае ЭСУД **состоит** из блока управления, датчиков (сообщающих информацию в блок управления), управляемых устройств (получающих команды от блока управления), вспомогательных устройств (главное реле, реле включения бензонасоса, реле включения электровентилятора системы охлаждения и предохранителей). Элементы ЭСУД расположены в моторном отсеке и салоне. Структурная схема ЭСУД показана на рис. 1. Основным элементом системы является микроконтроллер, называемый также иногда микропроцессором, электронным блоком управления и т. д. Далее будем его называть блок управления (БУ).

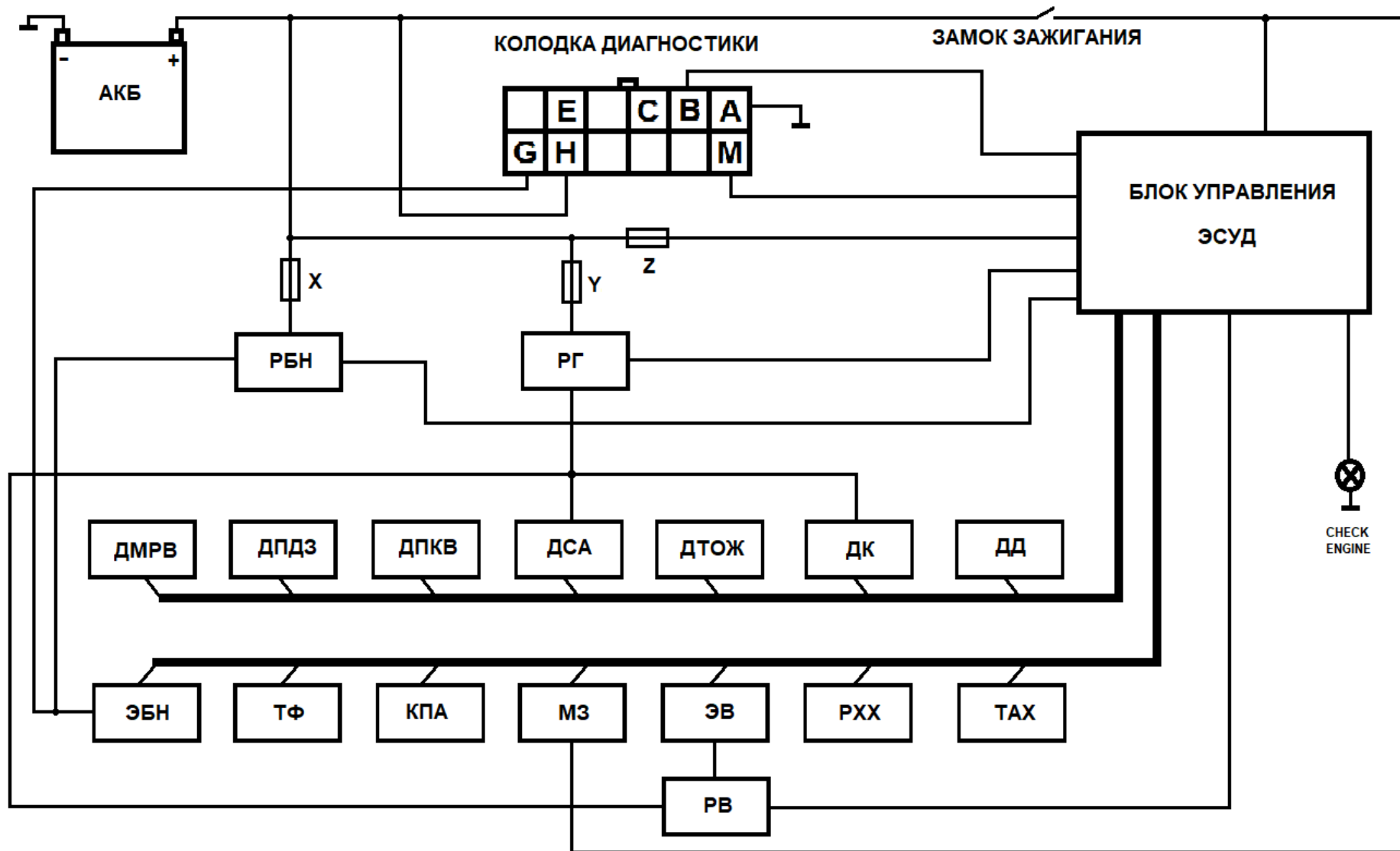


Рис.1. Структурная схема ЭСУД

На рис.1 использованы следующие обозначения: ДМРВ – датчик массового расхода воздуха, ДПДЗ – датчик положения дроссельной заслонки, ДПКВ – датчик положения коленчатого вала, ДСА – датчик скорости автомобиля, ДТОЖ – датчик температуры охлаждающей жидкости, ДК – датчик кислорода, ДД – датчик детонации, ЭБН – электробензонасос, ТФ – топливные форсунки, КПА – клапан продувки адсорбера, МЗ – модуль зажигания, ЭВ – электровентилятор, РВ – реле вентилятора, РХХ – регулятор холостого хода, ТАХ – тахометр, РБН – реле бензонасоса, РГ – главное реле, АКБ – аккумулятор, X, Y, Z – предохранители соответственно X, Y, Z.

На рис. 1 толстыми линиями выделены жгуты, в которые собраны провода передающие сигналы от датчиков (ДМРВ, ДПДЗ, ДПКВ, ДСА, ДТОЖ, ДК, ДД) и провода по которым передаются управляющие сигналы от блока управления к исполнительным устройствам (ЭБН, ТФ, КПА, МЗ, ЭВ, РВ, РХХ, ТАХ).

Датчики ЭСУД

Назначение датчиков формировать электрические сигналы, несущие информацию о текущих значениях контролируемых параметров. Начнем с рассмотрения датчика массового расхода воздуха.

Датчик массового расхода воздуха

Современной модификацией ДМРВ стал пленочный датчик (Hot Film Air Flow Sensor, датчик расхода воздуха с горячей пленкой). Принцип его работы основан на охлаждении сенсора в виде керамической пластинки проходящим вокруг неё засасываемым в ДВС воздухом. На керамическую пластинку (подложку) устанавливаются нагревательный элемент и температурный сенсор в виде платинового напыления. Керамическая подложка с напылением устанавливается в воздушном канале, через который проходит только входящий поток воздуха (измерения получаются более точными за счет отсутствия обратных воздушных волн от работающих клапанов и поршней двигателя). Благодаря этому в пленочных элементах также уменьшается проблема загрязнения: пыль и

моторное масло не попадают на них. В пленочных сенсорах учитывается и плотность воздуха, которая также влияет на скорость охлаждения нагревательного элемента.

Поскольку датчики чувствительны к загрязнениям, их устанавливают в воздуховоде после воздушного фильтра перед дроссельной заслонкой. Сам датчик расположен в корпусе – пластиковой трубке, закрытой с одной стороны сетчатым фильтром, предотвращающим завихрения воздушного потока.

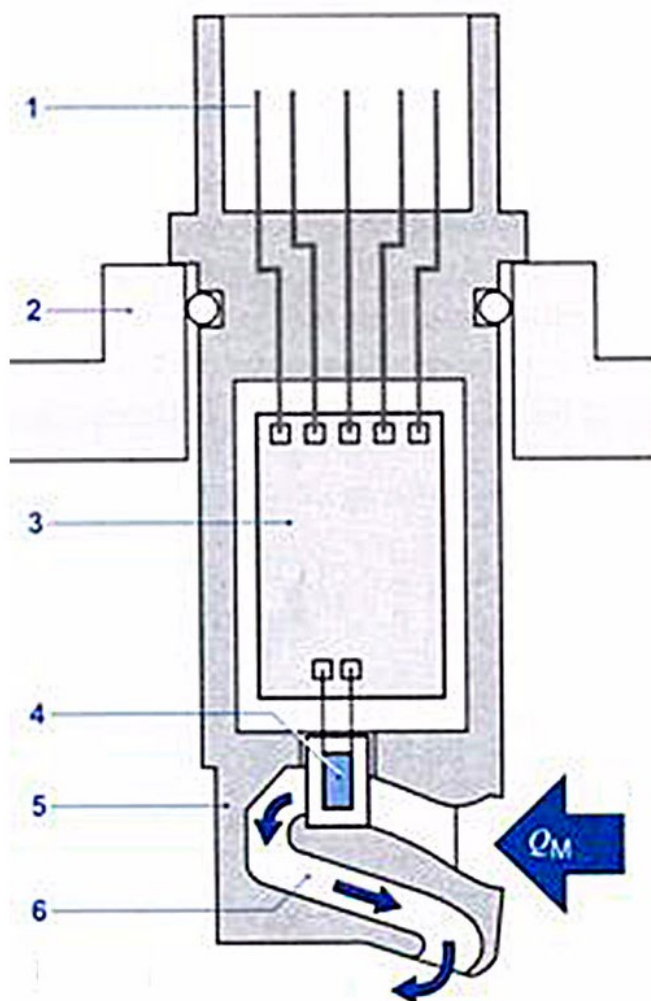


Рис.2. Схема датчика HFM. 1. Электрический разъем. 2. Внешний корпус.

3. Электронная схема. 4. Керамическая подложка с напылением. 5. Корпус датчика. 6. Канал воздушного потока.

Датчик положения дроссельной заслонки

ДПДЗ считывает информацию о том, насколько сильно открыта заслонка, и насколько быстро она открыта. ДПДЗ передает эту информацию на блок управления двигателя, чтобы тот мог рассчитать количество топлива, необходимого для составления полноценной топливно-воздушной смеси, и установить правильный угол опережения зажигания, пока заслонка находится именно в таком положении.

Резистивные ДПДЗ (рис. 3). Выполнены в виде переменного резистора, дорожки которого подвержены механическому износу, часто требуют замены на пробеге до 50 000 км;

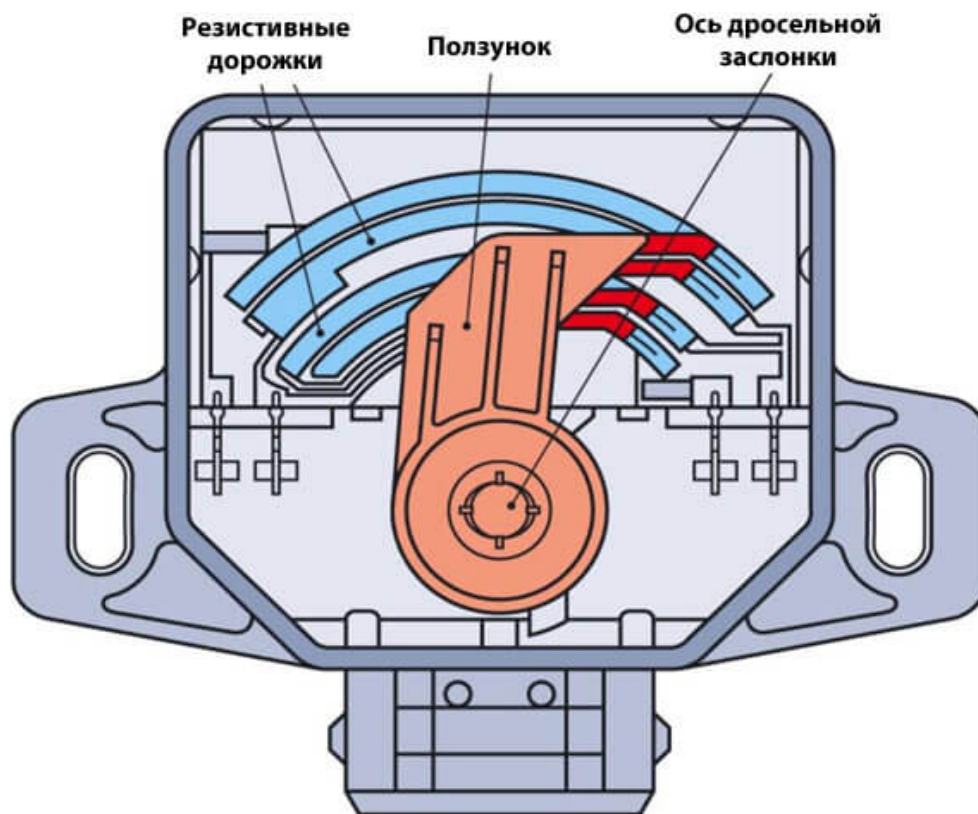


Рис.3. Конструкция резистивного ДПДЗ

Бесконтактные (магниторезистивные) ДПДЗ выполнены на основе датчика Холла с вращающимся магнитом. В силу своих конструктивных особенностей, они обладают гораздо большей устойчивостью к механическому воздействию, поэтому их ресурс обычно не менее ресурса автомобиля.

Как правило, все ДПДЗ устанавливаются на корпусе самой дроссельной заслонки, но с противоположной стороны от ее привода. При этом датчик связывается с самой осью дросселя при помощи механического соединения.

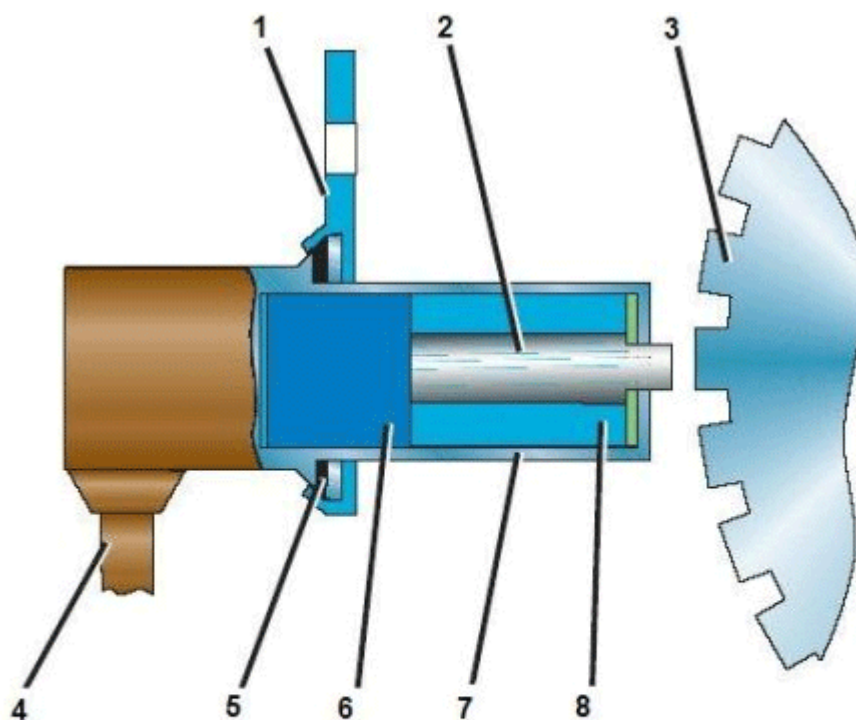
Датчик положения коленчатого вала

Независимо от типа и конструкции, датчики положения коленвала состоят из двух деталей: Датчик положения, задающий диск (диск синхронизации).

ДПКВ помещен в пластиковый или алюминиевый корпус, который посредством кронштейна монтируется рядом с задающим диском. На датчике предусмотрен стандартный электрический разъем для подключения к электрооборудованию автомобиля, разъем может располагаться как на корпусе датчика, так и на собственном кабеле небольшой длины. Датчик фиксируется на блоке двигателя или на специальном кронштейне, он располагается напротив задающего диска и в процессе работы осуществляет отсчет его зубцов.

Задающий диск — это шкив или зубчатое колесо, по периферии которого расположены зубцы. Для формирования начала отсчета два зуба подряд на нем пропущены. Диск жестко закреплен на шкиве коленвала или непосредственно на коленвале, что обеспечивает вращение обеих деталей с одинаковой частотой. Иногда вместо задающего диска используют венец маховика, но в этом случае требуется еще датчик верхней мертвой точки для формирования сигнала начала отсчета.

В основе работы датчика могут лежать различные физические явления и эффекты, наиболее широкое распространение получили индуктивные датчики.



Индуктивный датчик положения коленчатого вала: 1 - кронштейн крепления; 2 - магнитный сердечник; 3 - задающий диск (диск синхронизации); 4 - провод; 5 - уплотнитель; 6 - магнит; 7 - корпус; 8 - обмотка

Рис.5. Конструкция индуктивного датчика положения коленчатого вала

Индуктивный (магнитный) ДПКВ. В основе устройства лежит подмагниченный ферромагнитный сердечник, с обмоткой (катушкой). Работа датчика основана на эффекте электромагнитной индукции. В состоянии покоя магнитное поле в датчике постоянно и в его обмотке нет тока. При прохождении рядом с магнитным сердечником металлического зубца задающего диска магнитное поле вокруг сердечника изменяется, что приводит к индуцированию тока в обмотке. При вращении диска на выходе датчика возникает переменный ток той или иной частоты, который используется ЭБУ для определения частоты вращения коленвала и его положения. В начале отсчета (в месте пропуска зубьев) возникает сигнал повышенной амплитуды. Это наиболее простой по конструкции датчик, он находит самое широкое применение на всех типах двигателей. Достоинством устройств этого типа является их работа без подачи питания.

Датчик скорости автомобиля

Датчик скорости автомобиля устанавливается на всех современных автомобилях и служит для измерения скорости автомобиля и передачи этой информации на ЭБУ. Эта информация нужна для работы спидометра и используется в режиме принудительного холостого хода ДВС.



Рис.6. Датчик скорости автомобиля

Работа датчика скорости основана на применении эффекта Холла: или магниторезистивных элементов. Приводная ось такого датчика сопрягается с ведомым валом коробки передач посредством шестерни. На данной оси закреплен многополюсный кольцевой магнит, формирующий при своем вращении изменяющийся с определенной скоростью магнитный поток, воздействующий на датчик Холла или магниторезистивный датчик. Датчик подает на контроллер импульсный сигнал. При этом частота импульсов прямо пропорциональна скорости, с которой вращаются колеса. Блок управления двигателем получает

сигналы от датчика скорости, высчитывает интервал между импульсами и в соответствии с этим вычисляет скорость автомобиля. На каждый километр пути датчик скорости выдает примерно 6 тысяч импульсов.

Датчик температуры охлаждающей жидкости

ДТОЖ (рис. 7) использует термистор с отрицательным температурным коэффициентом, т.е. его сопротивление уменьшается при увеличении температуры. Установлен на отводящем патрубке между блоком цилиндров и термостатом.

ДТОЖ получает питание от БУ напряжением 5 В. Температура рассчитывается БУ по величине падения напряжения. При температуре охлаждающей жидкости 0°C напряжение сигнала ДТОЖ выше 4 В, а при нормальной рабочей температуре напряжение сигнала становится менее 2 В.

Сигнал ДТОЖ используется БУ для оптимизации длительности импульса впрыска топлива и корректировки момента зажигания (УОЗ).

Если ДТОЖ неисправен, БУ рассчитывает температуру охлаждающей жидкости по времени работы двигателя с момента пуска и по сигналу ДМРВ. Расчеты весьма приблизительные поэтому такой режим считается резервным (аварийным).

При возникновении неисправности цепей ДТОЖ блок управления через определенное время заносит в оперативную память (ОЗУ) ее код и включает контрольную лампу «CHECK ENGINE», сигнализируя о неполадке.



Рис.7. Датчик температуры охлаждающей жидкости

Датчик детонации

Детонация, т.е. взрывное воспламенение рабочей смеси в цилиндрах двигателя, вызывает сильную вибрацию и перегрев двигателя, что может привести к механическому разрушению его деталей. В основе работы современных датчиков детонации лежит явление пьезоэлектрического эффекта (возникновение электрических зарядов при деформации пьезоэлемента). При работе двигателя в режиме детонации возникают сильные вибрационные и термические нагрузки на детали двигателя. Работа двигателя с детонацией может привести к разрушению деталей двигателя (например: поршня, прокладки головки блока и др.).

Датчик детонации установлен на блоке цилиндров. По сигналам датчика детонации блок управления через обратную связь уменьшает угол опережения зажигания до прекращения детонации.

Устройство пьезоэлектрического датчика детонации показано на рис.8.

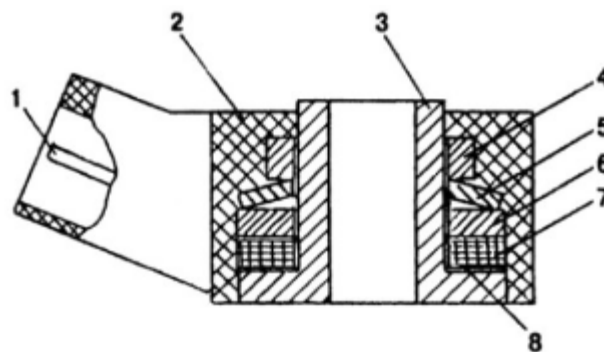


Рис. 8. Датчик детонации

1 – штекер; 2 – изолятор; 3 – корпус; 4 – гайка; 5 – упругая шайба; 6 – инерционная шайба; 7 – пьезоэлемент; 8 – контактная пластина

Основными элементами датчика являются: пьезоэлемент 7 и инерционная масса (шайба) 6. При работе двигателя возникает вибрация его деталей. Инерционная

масса 6 датчика воздействует на пьезоэлемент 7 и в нем возникают электрические сигналы определенной величины.

Возникновение детонации в работе двигателя приводит к резкому увеличению вибрации, что вызывает увеличение амплитуды напряжения электрических сигналов датчика. Электрические сигналы датчика передаются в блок управления. Датчик детонации подключается к электрическому жгуту системы управления посредством двухконтактного соединителя так, как показано на рис. 9.

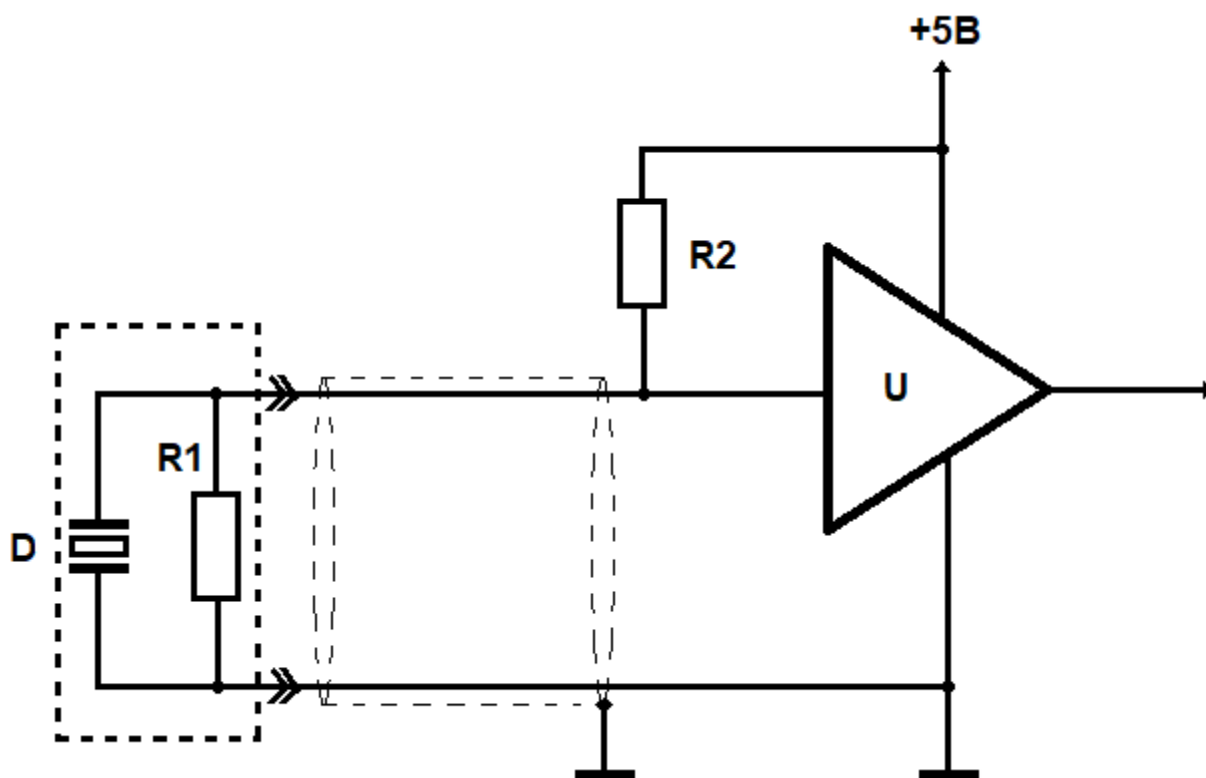


Рис. 9. Схема подключения датчика детонации.

Параллельно пьезоэлементу подключен резистор R1 и вместе с резистором R2 они подключены к высокоомному входу усилителя U. Для предотвращения помех соединение датчика детонации с БУ производится с помощью витой

экранированной пары. Пьезоэлектрический кристалл во время вибрации генерирует напряжение и через усилитель U оно подается на блок управления. Блок управления обрабатывает полученный сигнал и корректирует угол опережения зажигания для устранения детонации. При отсутствии детонации на выходе датчика действует постоянное напряжение $+2,5$ В, получаемое в результате работы делителя из резисторов R1 и R2. Сигнал детонации изменяется в обе стороны от этого уровня (в диапазоне $0...5$ В). Пьезоэлемент не пропускает постоянного тока, поэтому диагностирование цепи датчика затруднено. В случае обрыва в цепи датчика напряжение на входе в блок управления становится равным $+5$ В, а в случае короткого замыкания равно нулю.

При выходе из строя датчика или его электрических цепей блок управления сигнализирует водителю включением контрольной лампы CHECK ENGINE. Кроме того, в случае обнаружения неисправности блок управления существенно снижает углы опережения зажигания на большинстве режимов работы двигателя для гарантированного недопущения детонации. Мощностные и экономические характеристики автомобиля при этом ухудшаются, но значительно снижается риск повреждения деталей двигателя.