

Практика диагностики.

Взятие «Орешка»



СЕРГЕЙ САМОХИН

В течение двух месяцев все автосервисы уездного города Н поочередно пытались починить эту Audi A6. Время шло, но все попытки оказывались тщетными, крепость не желала сдаваться. «Орешек» оказался необычайно твердым. На исходе второго месяца осады, раздосадованный и почти утративший надежду, хозяин решил прибегнуть к экстренной мере: «Железо — на грузовик, и — в столицу! Уж если там не разберутся, тогда — под пресс!»

А у вас поднялась бы рука отправить такую рожкошную красавицу в металлолом? У меня — точно нет. Как же должно было досадить хозяину это чудо современного автомобилестроения! А дело было в следующем...

Машина чаще всего не заводилась, а если и заводилась, то вела себя странно и непредсказуемо. Работа двигателя была крайне неустойчивой, сопровождалась вибрацией и сильными рывками, стрельбой в глушитель и вспышками во впускную систему. Порой казалось, что коленчатый вал готов закрутиться в обратную сторону.

Понятно, что такое безобразие не могло продолжаться долго, — машина глохла.

Напрашивалось предположение — в силу каких-то причин нарушилась синхронизация процессов впрыска топлива и зажигания между собой или относительно фазы вращения коленчатого вала.

Разумная осторожность требует предварить штурм тщательной рекогносцировкой на местности. Следуя ей, заглянем «красотке» под... капот.

Под капотом (рекогносировка)

Созерцание подкапотного пространства вызывает чувство эстетического наслаждения. Дизайнеры из Ингольштадта на славу потрудились над внешним видом центральной части «экспозиции» — V-образным шестицилиндровым двигателем

объемом 2,6 л. Не удивляйтесь, технический дизайн силового агрегата давно уже стал нормой западных конструкторов. Прежде всего именно из эстетических соображений они «одевают»



Над внешним видом этого могучего агрегата поработали талантливые дизайнеры. Работа в режиме «чих-пых» — не для него.

двигатель в быстросъемные пластиковые наладки, после чего он приобретает вид, получивший в обиходе наших авторемонтников меткий термин «плита».

«Сорвав таинственный покров одежды», обращаем внимание на особенности, которые интересуют нас в первую очередь. Двигатель оснащен системой подачи топлива, которая, в соответствии

С большой долей вероятности секвентальный характер работы форсунок можно определить по цвету проводов. Один из проводов в парах — всегда одного цвета, в то время как другой — всегда разного.

вии с классификацией Autodata, имеет обозначение VAG MPI и представляет собой секвентальную систему распределенного впрыска.

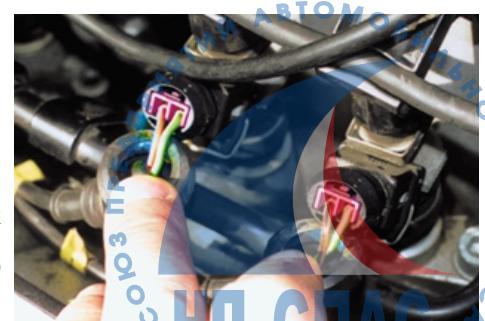
Последние 2-3 года такие устройства становятся обычным явлением на вновь выпускаемых зарубежных автомобилях, а в теперЬ уже далеком 94-м, когда была произведена наша героиня, такую схему впрыска можно было считать более чем современной.

В отличие от систем одновременного впрыска, в которых форсунки объединены в одну группу и срабатывают одновременно, здесь подача топлива подчиняется иной логике. ЭБУ управляет каждой форсункой индивидуально, посылая сигнал на открытие в строго определенное время, согласованно с fazой рабочего процесса в данном цилиндре двигателя. Вся рассчитанная порция топлива распыляется форсункой за один раз в полость перед впускным клапаном непосредственно перед его открытием. Это позволяет свести к минимуму концентрацию вредных веществ в выхлопных газах, особенно в случае, если в двигателе возникают механические неисправности или сбои системы зажигания.

Преимущества секвентальных систем не даются за «здорово живешь». Они более дороги, так как требуют более «умного» ЭБУ и наличия как минимум еще одного датчика — датчика идентификации цилиндра, который часто называют фазовым дискриминатором. Его роль — снабдить блок управления информацией о том, в каком цилиндре идет рабочий ход, а в каком — тakt впуска. Если двигатель оснащен системой зажигания с распределителем, в качестве фазового дискриминатора используется датчик Холла, расположенный в его корпусе.

Остальные датчики, информацию от которых ЭБУ использует для управления секвентальным впрыском, — традиционные. К ним относятся датчики частоты вращения и углового положения коленчатого вала. Обработка их сигналов позволяет процессору определить момент впрыска топлива и угол опережения зажигания. В более современных версиях аналогичных систем управления обе функции выполняет единый индукционный датчик.

В данном двигателе применена система прямого зажигания, также именуемая DIS (Direct Ignition System). Шесть свечей обслуживаются тремя двухскровыми катушками. Механический





Без пластиковых накладок двигатель смотрится не так изящно, зато хорошо видны некоторые его особенности. Перед сплетением труб впускного коллектора — три двухискровых катушки DIS-зажигания.

Небольшие размеры не мешают этому мотор-тестеру совмещать исполнение своих непосредственных обязанностей с функцией сканера и многолучевого запоминающего осциллографа.



распределитель зажигания (а следовательно, и датчик Холла внутри него) отсутствует. Значит, функцию идентификации цилиндра должен выполнять другой элемент. Обычно в таких случаях датчик, также работающий на эффекте Холла, располагают вблизи шкива распределительного вала. На этот раз — никаких сюрпризов, фазовый дискриминатор действительно спрятался на крышке одного из распределительных валов.

К прочим особенностям системы управления можно отнести отсутствие измерителя расхода воздуха. Количество воздуха, поступающего в двигатель, определяется косвенно, по показаниям МАР-сенсора. Вакуумная трубка, уходящая от впускного коллектора в направлении переднего щитка двигательного отсека, говорила о том, что сенсор расположен в блоке управления.

Система управления снабжена функцией самодиагностики, доступ к диагностическому разъему, расположенному в нише между двигателем и ветровым стеклом, — из-под капота.

На приступ!

Каковы бы ни были первоначальные предположения о причинах неисправности, если система управления способна сохранять информацию об ошибках и возникших неисправностях и если в наличии есть сканер для ее считывания, правильнее начать именно с этого. Для общения с системой управления Audi A6 можно использовать как дилерские приборы VAG 1551/1552, так и универсальные, например, PDL-1000 или Data Scan. Оба последних и было решено использовать для считывания информации. Еще несколько мгновений, и нам откроются некоторые тайны «взбалмошной красавицы».

Но, увы, не тут-то было — ни один из сканеров не смог установить связь с ЭБУ. Такое нечасто, но бывает и неизбежно является следствием неисправности системы управления или линий связи. Иногда сканер «не видит» систему управления из-за неустойчивости процесса обмена информацией.

Одержать победу «с наскока» не удалось (если бы все было так просто, зачем было бы везти «большую» чуть ли не за тысячу километров), поэтому приступили к длительной осаде с использованием интеллекта.

Осада

Еще раз напомним, что в данной системе управления процессор синхронизирует управляющие команды для устройств впрыска топлива и зажигания на основании первичной информации, поступающей от трех датчиков, определяющих частоту вращения и угловое положение коленчатого

вала, а также угловое положение распределительного вала.

Логика подсказывает, что хаос может прийти на смену стройному порядку в следующих случаях. Во-первых, в двигателе могли возникнуть механические проблемы, приведшие к нарушению фаз газораспределения. Распределительные валы приводятся зубчатыми ремнями, которые при повреждении зубьев или устройств натяжения имеют свойство перескакивать, непрогнозируемо смешая угловое положение распределителя.

Во-вторых, причиной могло стать нарушение работоспособности или отказ одного из датчиков. Блок управления в этом случае лишается исходных данных, необходимых для расчета момента впрыска топлива и угла опережения зажигания.

Те же последствия могут наступить и в том случае, если в ЭБУ поступает верная и полная информация, а процессор неправильно ее интерпретирует, например, вследствие программного сбоя. Таким образом, задача поиска неисправности сводится к последовательной проверке трех предположений.

Для контроля быстротекущих процессов (а сигналы различной формы и частоты, которыми оперирует ЭБУ, могут иметь длительность — единицы миллисекунд) обычные автотестеры, конечно же, беспо-

Стрельба дуплетом

Основными причинами отказа от систем зажигания с механическим распределителем высокого напряжения являются существенные потери энергии на преодоление зазора в распределителе и его недостаточная надежность вследствие поломок крышки и ротора. Современные системы прямого зажигания (DIS) лишены этих недостатков, поскольку не имеют движущихся деталей вовсе.

Высоковольтная обмотка любой катушки зажигания имеет два вывода, отличающиеся полярностью. Если к центральному электроду свечи подключается отрицательный вывод катушки, носители тока — свободные электроны — будут двигаться от центрального электрода к боковому, если положительный — от бокового к центральному.

Для перемещения электронов от более нагретого тела к менее нагретому требуются меньшие затраты энергии, поэтому «отрицательное» питание более горячего центрального электрода энергетически на 20-40% выгоднее. Иной принципиальной разницы между этими вариантами не существует, поэтому для питания свечи зажигания можно использовать оба вывода высоковольтной обмотки катушки, особенно если она обладает достаточно большой энергией, позволяющей пренебречь потерями в случае «положительного» питания свечи.

Такая схема используется в DIS-системах, где свечи цилиндров, поршни в которых одновременно движутся в одном направлении (вверх или вниз), попарно запитываются от разных выводов одной и той же катушки.

«Выстрел» в обоих свечах происходит одновременно, дуплетом, но в одной — в конце такта сжатия смеси, а в другой — в конце такта выпуска отработавших газов. Понятно, что первый — «боевой», а второй — «холостой». Такая система может применяться для двигателей, у которых два поршня одновременно движутся в одном направлении. В четырехцилиндровом двигателе используют две, а в шестицилиндровом — три двухискровых катушки.

Каждая катушка имеет независимое питание и управляет ЭБУ по индивидуальному каналу через усилитель (коммутатор). Для идентификации цилиндров, в которых поршни движутся вверх, ЭБУ использует сигнал фазового дискриминатора, а для определения момента прохождения поршнем ВМТ, используемого для расчета угла опережения зажигания, — импульс датчика углового положения коленвала.

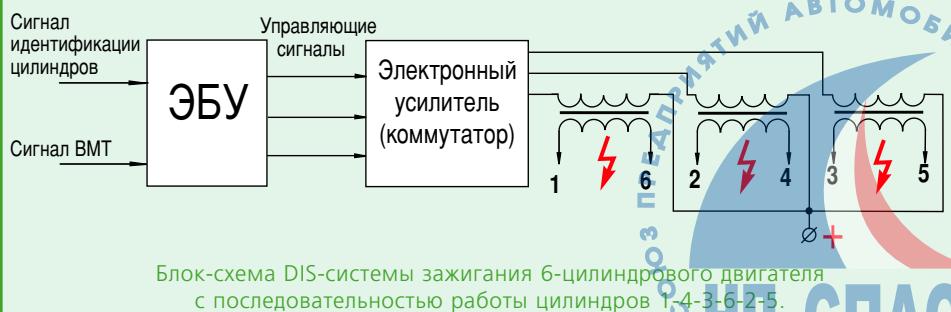


Рис.1. Картина сигналов датчиков на входе в ЭБУ. Форма и длительность импульсов в норме. Газораспределение не нарушено, так как сигналы датчика угла поворота коленвала и фазового дискриминатора совпадают по времени.

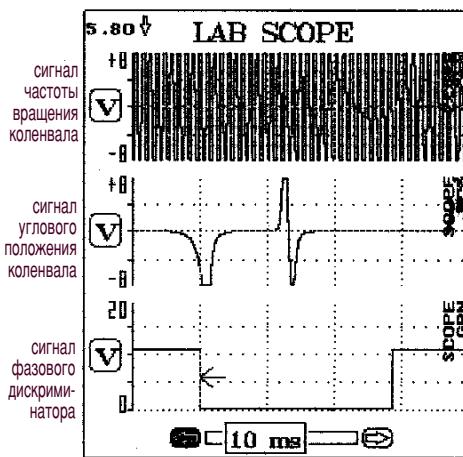


Рис.2. Сигналы управления катушками зажигания на входе в коммутатор. Полный хаос, вызванный неисправностью ЭБУ. Искажено все, что только можно: форма, длительность и синхронизация импульсов.

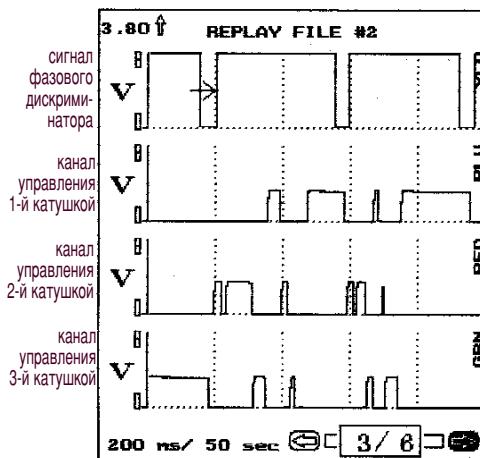
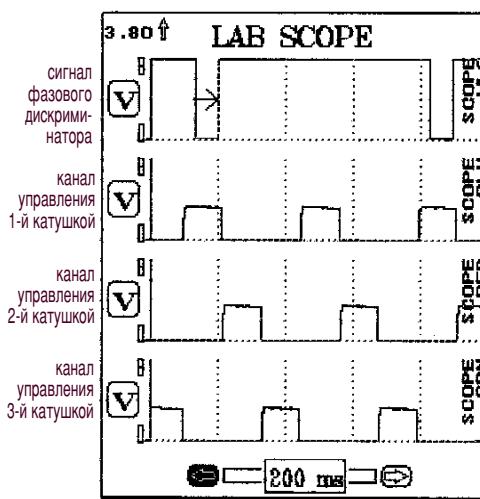


Рис.3. После замены ЭБУ на исправный, хаос сменился положенным порядком и согласованностью. Равные по длительности прямоугольные импульсы управления катушками во всех трех каналах строго привязаны по времени к сигналу фазового дискриминатора.



лезны. В качестве тарана было решено использовать портативный мотор-тестер, обладающий функцией многолучевого осциллографа, способный выводить на дисплей одновременно несколько измеряемых параметров. Полезными качествами этого прибора являются наличие довольно емкой памяти, позволяющей запоминать отображаемые на дисплее графические данные, и возможность вывода сохраненных картинок на печать.

Кстати, в случае, когда система управления имеет в своем составе фазовый дискриминатор, проверку правильности установки фаз газораспределения можно выполнить на «электронном» уровне с помощью того же осциллографа, не прибегая к длительной и трудоемкой процедуре поиска и совмещения меток.

В первом teste, результаты которого представлены на рис.1, на дисплей мотор-тестера одновременно выводились выходные сигналы всех трех синхронизирующих датчиков. Замер проводился в режиме проворачивания двигателя стартером при обесточенном бензонасосе. Одновременно «убили» двух первых зайцев — проверили как исправность самих датчиков, так и правильность установки углового положения распределительных валов.

Параметры сигналов (форма и длительность) — в норме. С фазами газораспределения также все в порядке — об этом наглядно свидетельствует то, что сигнал датчика углового положения коленвала попадает в створ опорного сигнала фазового дискриминатора, причем практически по центру. Усиливалось предположение, что у машины беда с «мозгами».

Чтобы в этом убедиться, часть измерительных линий осциллографа были переключены на выход ЭБУ, и был выполнен второй тест. В нем на дисплей выводились сигналы с входов трехканального коммутатора, управляющего первичными обмотками катушек зажигания, а также опорный сигнал все того же фазового дискриминатора. Тест проводился в прежнем режиме.

Нажата кнопка «Enter», и ... худшие предположения оправдались: на экране мотор-тестера вместо положенного порядка и согласованности отобразился хаос. На рис.2 задокументирован момент помешательства бортового процессора (теперь уже не оставалось сомнений в том, что виновник неисправности — именно он). При такой «стрельбе» двухискровых катушек — чудо, если двигатель вообще способен как-то крутиться!

Кстати, это может быть объяснением неудачной попытки считывания кодов неисправностей — сканеру трудно понять образ мышления психопата.

Виктория

Надо отметить, что «осада крепости» была захватывающей, но непродолжительной. Может даже сложиться впечатление, что выявить неисправность в таком случае — легко и просто, мож-

но обвинить уездных автомастеров в неграмотности и некомпетентности. Прежде чем делать такие спешные выводы, важно понять, что ключевую роль в данном действии, наряду с опытом и знаниями механиков, играли диагностические приборы высокого уровня — своего рода оружие — без применения которых диагностика современных автомобилей вообще невозможна. Выражаясь образно, можно сказать, что этот «крепкий орешек» был «расколот» при помощи осциллографа.

Что касается Audi-«провинциалки», после несложной операции лоботомии, заключавшейся в замене неисправного ЭБУ на новый, ее двигатель «зашуршал», как и положено V-образной «шестерке». Иначе и быть не могло, контрольный



Вышедший из строя ЭБУ интересен тем, что это — продукция фирмы Hella, которая нередко вызывает нарекания из-за неустойчивого цифрового обмена с диагностическими устройствами (на других V-образных «шестерках» Audi можно встретить блоки Hitachi).

В остальном — это современный блок с высокой степенью интеграции (выполнен на базе большой интегральной схемы — БИС). Здесь же размещен МАР-сенсор, соединяющийся с впускным коллектором вакуумной трубкой.

тест (рис.3) показал, что картина импульсов, управляющих работой катушек зажигания, соответствует норме. Прямоугольная форма сигнала, равная по всем каналам длительность, и, самое главное, строгая последовательность, согласованная с опорным сигналом фазового дискриминатора и между собой.

Это означает, что в момент времени, когда управляющее напряжение резко падает (правая часть импульса), первичная цепь катушки размыкается, магнитное поле уменьшается до нуля, и во вторичной обмотке создается высокое напряжение, достаточное для искрообразования. Все — в строгом соответствии с теорией.

Крепость была взята, грузовик отправился назад, в уездный город N, порожняком. — АБС

Редакция благодарит руководителя учебного центра компании «АмЕвро» Сергея Газетина и специалистов фирмы «Иномотор» за помощь в подготовке статьи.