

ГРАБЛИ “ZERO”

В феврале этого года на нескольких форумах обсуждалась одна интересная неисправность (название темы «Хундай Санта Фе»). Автор темы уже собирался «приговорить» блок управления двигателем и попросил совета в интернете. Ему оперативно подсказали действительную причину неисправности. Был заменен датчик положения распределительного вала, и клиент поехал дальше отсчитывать километры на одометре своей машины.

На первый взгляд, причина простая – неисправен датчик. Многие мастера с подобными дефектами не раз сталкивались. Кто быстро находил неисправность, кто «набивал шишки», наступая на «избитые грабли». Из своей практики можно было бы много привести подобных неисправностей. Но данный случай, взятый из интернета, интересен именно тем, что в неисправности одного датчика проявился целый спектр возможных дефектов, о которых и будет дальнейший рассказ.



Краткая цитата с форума: «Hyundai Santa Fe, с 2.0L двигателем G4JP, 2005 года. После заправки топливом машина стала странно себя вести, загорелся индикатор Check Engine. Заглушили двигатель, и завести его уже не смогли. Притащили на верёвке. По сканеру – ошибка по датчику положения распределительного вала. Но осциллограф показывает наличие сигнала с датчика положения распределительного вала и датчика положения коленчатого вала. Метки ГРМ (газораспределительного механизма) стоят правильно. Подозрение пало на плохое топливо. Подключили к двигателю свою систему топливоподачи с проверенным бензином, но изменений нет – свечи заливаются топливом. В первом и четвертом цилиндрах искра есть, а во втором и третьем нет. Проводка исправна, но нет сигнала с ЭБУ (электронный блок управления двигателем) на катушку зажигания второго и третьего цилиндра».

Непонятное поведение ЭБУ дало повод усомниться в его исправности. Но приложенная к сообщению осцил-

лограмма (см. рис. 1) показала, что ЭБУ такой сигнал с датчика положения распределительного вала видеть не будет. Амплитуда сигнала с датчика не опускается до нуля вольт, как на датчике коленчатого вала. То есть не опускается ниже так называемой в цифровой технике «зоны неопределенного уровня». На записи можно видеть и другие отклонения. Короткая остановка вращения коленвала, вероятно связанная с большим разрядом аккумуляторной батареи, дефектом в данном случае не является.

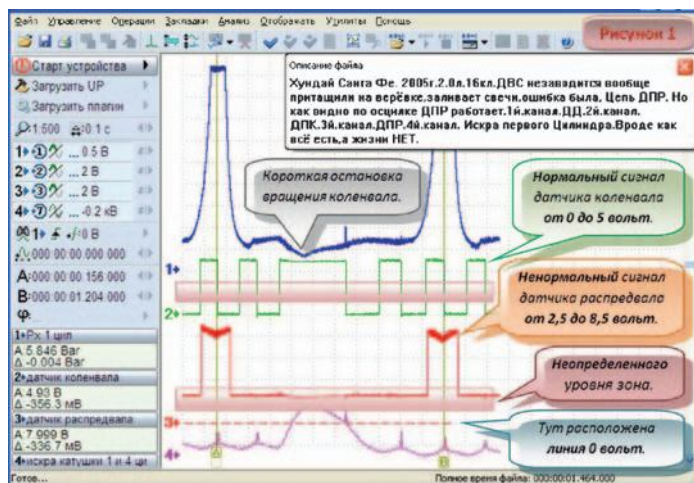


Рис. 1.

Чтобы объяснить, почему ЭБУ не видит сигнал с датчика распределительного вала, необходимо немного упомянуть о принципах работы датчиков. Большинство входов и выходов в ЭБУ имеет простую логическую структуру, которая определяется только двумя состояниями: «включено» и «выключено». При этом активное состояние «включено» необязательно должно соответствовать высокому уровню напряжения, а «выключено» – низкому уровню. В цифровой технике активному состоянию «включено» часто соответствует низкий уровень напряжения сигнала. Он лучше подходит для схемотехники ЭБУ. А в случае замыкания проводов на массу или питание, дает небольшую вероятность электрических повреждений. Чтобы добиться нечувствительности к помехам, между высоким и низким уровнем сигналов располагается так называемая «зона неопределенного уровня». Пока уровень сигнала не пройдет эту зону, переключения логического состояния в ЭБУ с «включено» на «выключено» и наоборот не будет. Электронные датчики на эффекте Холла или похожие магнитно-резистивные датчики также имеют два состояния «включено» и «выключено». Они не генерируют на выходе напряжения сигнала как, к примеру, индуктивные датчики. В состоянии «включено» они шунтируют на массу слабое токовое сигнальное напряжение, приходящее с ЭБУ. Работу такого датчика можно сравнить с работой обычного реле (см. рис. 2). Там на обмотку реле приходит напряжение питания, а замыкаемые контакты шунтируют сигнальное напряжение на корпус, формируя активный уровень «включено». Неактивный уровень соответствует выключенному состоянию реле. Неактивное состояние «выключено» также будет, если удалить реле. То же самое происходит при отключении разъема или питания на датчик, так как сигнальное напряжение с ЭБУ ничем не коммутируется на корпус.

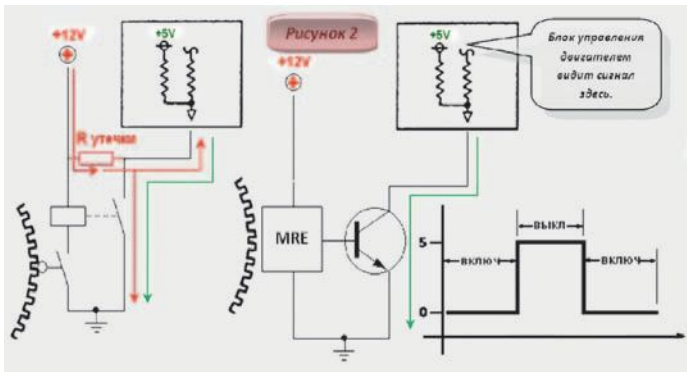


Рис. 2.

Остается вопрос: почему на приведенной осциллограмме низкий уровень датчика «включено» поднялся до 2,5 вольт, а высокий уровень «выключено» стал выше напряжения 5 вольт, приходящего с ЭБУ? Увеличение активного уровня нуля может вызвать перегрузка по току выходного транзистора в датчике или частичный выход его из строя. Увеличение неактивного уровня «выключено» выше приходящего сигнального напряжения с ЭБУ может вызвать паразитная утечка с питающего напряжения датчика на сигнальный провод. То же самое может произойти при попадании воды в разъем датчика или неисправности проводки. Если неисправность находится в датчике, то при отключении разъема с датчика, сигнальное напряжение с ЭБУ должно нормализоваться. В нашем Santa Fe имелась паразитная утечка в датчике с цепи питания, которая в состоянии датчика «включено» значительно добавляла ток через маломощный транзистор, увеличивая падение напряжения на переходе транзистора. А в неактивном состоянии датчика «выключено» эта же утечка добавляла уровень на сигнальном проводе ЭБУ практически до напряжения аккумуляторной батареи.

Если неисправность была только в датчике распределительного вала, то почему не было управления катушкой зажигания второго и третьего цилиндра, а первого и четвертого было? Дело в том, что блок управления и двигатель G4JP – это разработка японской компании Mitsubishi Motors, которая подобные двигатели устанавливала и на свои машины. В учебных материалах Mitsubishi (см. рис. 3) в разделе «Управление распределением искробразования по цилиндрам» так описывают работу этой системы:

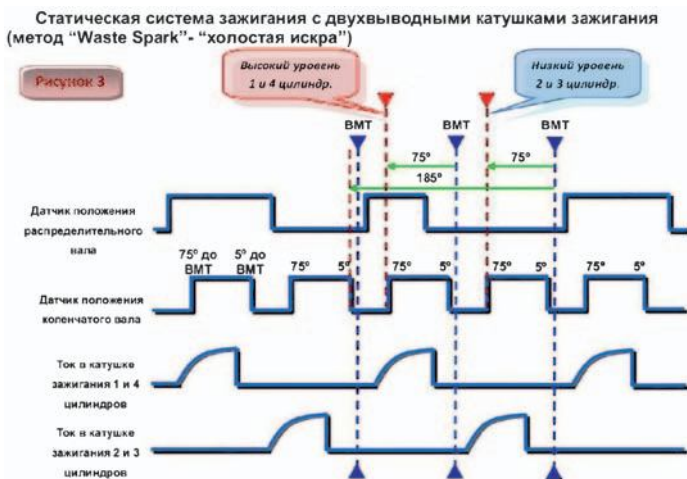


Рис. 3.

«Для определения цилиндра, в котором в данный момент требуется воспламенение смеси, используется сигнал от датчика положения распределительного вала (датчика ВМТ). Если в момент появления импульса от датчика положения коленчатого вала (за 75° до ВМТ) сигнал от датчика положения распределительного вала имеет высокий уровень, то блок управления двигателем определяет такт сжатия в первом (или четвертом) цилиндре и закрывает силовой транзистор А, обеспечивая воспламенение смеси в первом (или четвертом) цилиндре. Если в момент появления импульса от датчика положения коленчатого вала (за 75° до ВМТ) сигнал от датчика положения распределительного вала имеет низкий уровень, то блок управления двигателем определяет такт сжатия в третьем (или втором) цилиндре и закрывает силовой транзистор В, обеспечивая воспламенение смеси в третьем (или втором) цилиндре».

А так как блок управления видел на датчике распределительного вала только высокий уровень сигнала, то и искру подавал только в первый (или четвертый) цилиндр.

Но это еще не все неисправности одного датчика. Мастера, работающие с Mitsubishi или Hyundai, скажут, что на распределительном валу похожих двигателей имеются два маркерных сектора для датчика. А на первом рисунке мы видим только один сектор (импульс) за два оборота коленчатого вала. На второй осциллограмме (см. рис. 4), когда все-таки удалось с неисправным датчиком запустить двигатель на двух цилиндрах стало видно, что второй сектор появился после запуска, примерно при 1200 об/мин, и напряжении выше 12 вольт на сигнальном проводе датчика. Остается загадкой связь дефектов с исчезновением секторов и со смещением активного уровня нуля датчика.

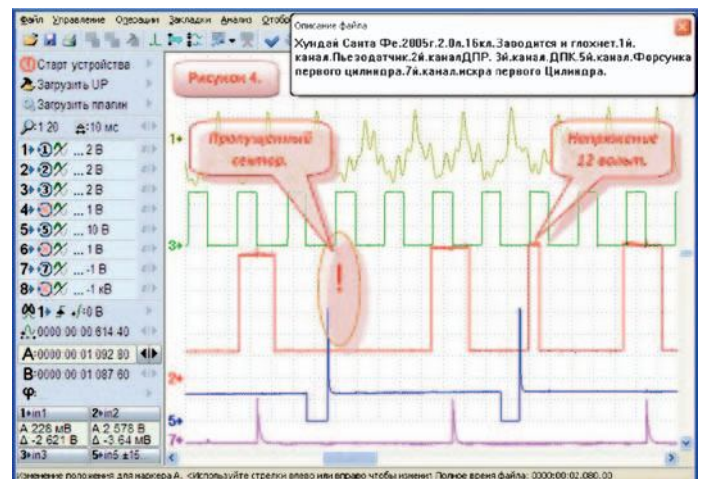


Рис. 4.

После замены датчика распределительного вала все неисправности благополучно устранились. Это подтверждает третья осциллограмма исправной работы двигателя с новым датчиком. Но, детально сравнив две осциллограммы, удалось выявить еще одну имевшуюся неисправность «старого» датчика. Он не только временно не отображал короткий маркерный сектор распределительного вала, но еще и показывал все секторы со смещением примерно в 30° угла поворота коленчатого вала. При этом смещался только фронт сигнала, переход сигнала с низкого уровня в высокий уровень. То есть переход состояния датчика из «включено» в «выключе-

но». Хотя момент перехода из высокого уровня сигнала в низкий уровень (включение датчика) оставался неизменным (см. рис. 5).

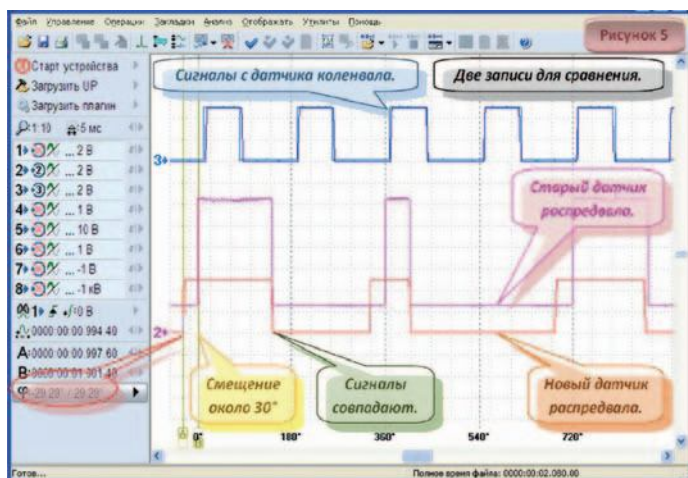


Рис. 5.

С трудом верится, что все проявления неисправности датчика распределительного вала появились одновременно. Смещение переднего фронта сигнала электронных датчиков – не такое уж редкое явление. У меня имеется много осциллографических записей со смещением переднего фронта, но нет ни одной записи с признаками смещения спада уровня сигнала. О таких неисправностях мало кто знает, потому что даже с помощью такого хорошего осциллографа, как USB Autoscope, с достаточно устойчивой синхронизацией изображения, увидеть дефект бывает непросто. В записи увидеть смещение сигнала несколько проще, но для ее детального просмотра нужно время, которого не всегда хватает. Для выявления таких отклонений сигнала, специальных программ к осциллографу пока еще нет. При смещении фронта сканер покажет ошибку по датчику и даст стандартную расшифровку. Затем придется гадать, где находится неисправность – в датчике или в механике двигателя.

К сожалению, у меня нет научного объяснения (и нигде не удалось найти) даже упоминания о таком явлении. Поэтому могу дать, возможно, недостоверное предположение.

В последнее время вместо датчиков, работающих на эффекте Холла, стали все чаще использовать магнитно-резистивные датчики (MRE), которые, как утверждают производители, недорогие в изготовлении, более точно отображают положение маркерных секторов, меньше чувствительны к старению встроенного магнита. И по внешнему виду не отличаются от датчиков на эффекте Холла, что делает практически невозможным определить принцип работы конкретного датчика. Датчики на эффекте Холла реагируют на изменение напряженности магнитного поля, тогда как MRE датчики реагируют на изменение направления магнитного поля. Это большое достоинство MRE датчиков, но, возможно, это является и их недостатком. Ведь нас окружает множество магнитных полей, и для их нейтрализации должна быть установлена защита внутри датчика (а при определенных условиях она может не совсем корректно влиять на выходной сигнал датчика). Вероятно, подсказкой к разгадке может стать практически схожее смещение переднего фронта одного импульса датчиков коленчатого вала в том месте,

где на маркерном диске находятся отсутствующие секторы. Такое явление частенько можно наблюдать на новых и вполне исправных машинах. Надо одним каналом осциллографа подключиться к датчику коленчатого вала. А для устойчивого изображения другим каналом синхронизироваться по искре или по сигналу форсунки подходящего цилиндра, чтобы хорошо видеть место, где отсутствуют два маркерных сектора. На одних двигателях смещение фронта стабильное, а на других может постоянно смещаться на стабильных оборотах двигателя. Явной закономерности в этом нет. Можно сделать одну запись сигнала датчика коленчатого вала при прокрутке стартером, и такую же запись на холостых оборотах, затем сравнить обе записи в районе отсутствующих маркерных секторов.

Для примера, привожу запись сигналов датчиков (см. рис. 6) BMW 130, исправного двигателя N52B30AF, 2008 г. выпуска.

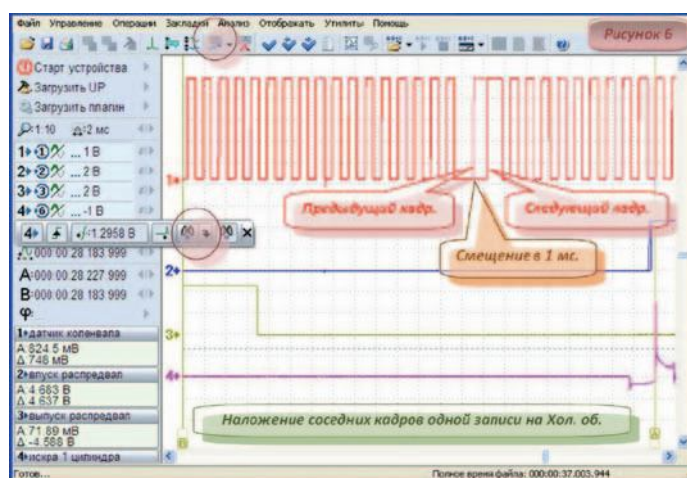


Рис. 6.

Чтобы ознакомиться с обсуждениями на форумах, надо по приведенным ниже адресам зайти на соответствующий форум и в окне поиска набрать: Хундай Санта Фе.

<http://injectorservice.com.ua/forum/viewtopic.php?f=1&t=2970>

<http://www.a-master.com.ua/forum/viewtopic.php?f=2&t=1680>

<http://www.mlab.org.ua/forum/viewtopic.php?f=12&t=1088>

<http://www.auto-bk.ru/forum/topic/27440/>

<http://injector.fotocrimea.com/forum/viewtopic.php?f=7&t=293>

Андрей БЕЖАНОВ