

ДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЯ ПО СИГНАЛУ ДАТЧИКА ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНВАЛА

Часто на автомобильную диагностику приходят клиенты с просьбой подключить "чудо-компьютер" и сразу же рассказать и показать все проблемы его автомобиля по двигателю, коробке переключения передач, ходовой части, кузову, салону и электропроводке. Особенно смешно такое слышать от хозяина "второго Гольфа", 1.3 карбюратор, 1984 года выпуска.

К сожалению, такой чудо-компьютер еще не придуман, и для получения почти каждого параметра требуется снимать сигнал с определенного датчика. А как бы хотелось подключить прибор к одному датчику - и сразу получить все параметры и характеристики, как на ладони!

Чудес, конечно, не бывает, но сигнал датчика коленвала действительно содержит в себе значительное количество информации о работе двигателя. Давайте рассмотрим вращение коленчатого вала двигателя детальнее. В процессе работы каждый из цилиндров "подталкивает" коленчатый вал двигателя, за счёт чего коленвал кратковременно ускоряется после прохождения точки ВМТ 0° каждого из цилиндров. Если топливо в цилиндре не воспламенилось - происходит уже не ускорение, а замедление коленвала. Таким образом, об эффективности работы каждого из цилиндров можно судить по ускорению коленвала после точек ВМТ 0° соответствующих цилиндров.

Даже тогда когда блок управления двигателем непрерывно регулирует частоту вращения коленвала при работе двигателя на холостом ходу с целью поддержания оборотов в заданном диапазоне - толчки от рабо-

тающих цилиндров присутствуют, а от неработающих отсутствуют.

Сигнал от датчика коленвала, совместно с сигналом о моменте искрообразования в 1-м цилиндре, содержит в себе информацию о значительном количестве параметров двигателя. Анализ этого сигнала позволяет:

- оценить статическую и динамическую компрессию для каждого из цилиндров;
- выявить неисправности в системе зажигания;
- оценить состояние форсунок;
- получить характеристику подсистемы опережения зажигания;
- выявить биение задающего зубчатого диска;
- выявить пропущенные и согнутые зубья.

Сигнал от датчика коленвала, совместно с сигналом об искре, можно записать с помощью USB-Autoscope и проанализировать его при помощи скрипта "CSS" (читается как "си-эс-эс").

Скрипт "CSS" работает под управлением программы USB-осциллограф и может анализировать сигнал от датчика частоты вращения / положения коленчатого вала двигателя, работающего в паре с задающим зубчатым диском любой формулы (60 2, 36 1, 60 2 2, 36 2 2 2 и так далее) с пропусками зубьев и без пропусков. Главным условием является жёсткое крепление зубчатого диска к коленвалу. Привод через цепную либо ременную передачу не допускается, поскольку в этом случае происходит значительное сглаживание толчков от коленвала. Полученные результаты анализа тем точнее, чем больше количество зубьев на венце задающего зубча-

того диска.

Скрипт "CSS" запрашивает для анализа от пользователя минимум информации: сигнал от датчика коленвала, сигнал о моменте искрообразования в 1-м цилиндре, количество цилиндров на диагностируемом двигателе, порядок работы цилиндров и значение начального угла опережения зажигания. В случае, если синхронизация с моментом искрообразования происходит по искре не 1-го цилиндра, а, например, 3-го - порядок работы цилиндров вводится, начиная с номера того цилиндра, по которому проводилась синхронизация. Например, если при диагностировании двигателя с порядком работы цилиндров 1342 синхронизация с моментом искрообразования выполнялась по 3-му цилиндру, то в поле "Порядок работы цилиндров" следует вводить 3421 (вместо 1342).

При проведении анализа сигнала от датчика частоты вращения коленвала, диагност должен ввести значение начального угла опережения зажигания. Если точное значение начального угла опережения зажигания неизвестно, можно указать приблизительное значение (с погрешностью не более $\pm 10^\circ$). За счёт того что даже у 8-ми цилиндрового двигателя угол поворота коленвала между ВМТ 0° соседних цилиндров составляет 90°, погрешность указания значения начального угла опережения зажигания величиной до 10° не вносит в результаты расчетов графиков ускорения значительной ошибки. Поэтому, даже при такой погрешности, скрипт "CSS" построит графики ускорения для каждого из цилиндров.

Если же требуется проверить, не прокручен ли задающий зубчатый диск относительно коленвала (например, из-за "срезанной" шпонки), значение начального угла опережения зажигания следует указывать как можно точнее - погрешность величиной $\pm 10^\circ$ здесь уже не допустима. В таком случае следует прежде измерить точное значение начального угла опережения зажигания при помощи PlugIn-a "Измерение УОЗ", после чего при работе со скриптом "CSS" указать это значение в соответствующем поле. Такая методика позволяет скрипту "CSS" точно рассчитать количество зубьев от пропуска зубьев до ВМТ 0°, а также позволяет скрипту "CSS" построить уже не относительный, а абсолютный график угла опережения зажигания. При проведении повторных измерений на данном двигателе, можно контролировать точность указания значения начального угла опережения зажигания по значению рассчитанного количества зубьев от пропуска до ВМТ 0°.

Ниже представлено подробное описание результатов анализа, отображаемых во вкладках отчёта скрипта "CSS".

Вкладка "Report"

В первой строке данной вкладки отображается название и версия скрипта анализатора, что позволяет диагностику своевременно обновлять версию скрипта "CSS" на последнюю доступную.

Далее отображаются уже результаты анализа скриптом сигналов:

— в строке "Количество зубьев на оборот коленвала" отображается формула задающего зубчатого дис-

ка, работающего в паре с датчиком частоты вращения / положения коленчатого вала;

— в строке "Отклонение при определении количества зубьев" отображается величина погрешности расчёта формулы зубчатого диска;

— в строке "ВМТ первого цилиндра совпадает с зубом номер..." отображается порядковый номер зуба, начиная от пропуска зубьев. Данный зуб располагается непосредственно напротив датчика частоты вращения / положения коленвала в момент, когда поршень первого цилиндра находится в положении ВМТ 0°.

Также в этой вкладке могут выводиться различные подсказки для диагноста и сообщения об ошибках.

Вкладка "Ускорение"

Серый фоновый график отображает мгновенную частоту вращения коленвала. Графики отображают эффективность работы каждого из цилиндров двигателя. Чем выше расположен рассматриваемый участок графика ускорения, тем более сильный толчок на этом участке создал цилиндр. Цилиндр, который не работает совсем, создаёт замедление коленвала, вследствие чего соответствующий ему график ускорения располагается ниже чёрной горизонтальной оси.

Во время записи данного примера (рис. 1), двигатель вначале работал на холостом ходу, далее был отключен электрический разъем от форсунки 4-го цилиндра, после чего он был повторно подключен. Далее это же было проделано и с 5-ым цилиндром. Здесь можно заметить интересную особенность в алгоритме работы блока управления двигателем. После отключения электрического разъема от форсунки двигатель начал "троить". В результате блок управления двигателем тут же реагировал на

уменьшение мгновенной частоты вращения коленвала и, с целью удержания заданной частоты вращения двигателя на холостом ходу, повышал эффективность работы следующего по порядку работы цилиндра путем увеличения для него угла опережения зажигания.

Далее, при записи данного примера, была плавно открыта дроссельная заслонка - при этом, как видно по графикам ускорения, "отдача" каждого из цилиндров увеличилась. После этого дроссельная заслонка была резко закрыта - "отдача" от всех цилиндров при этом опустилась ниже нуля. После снижения частоты вращения коленвала, двигатель продолжил работать в режиме холостого хода.

Затем была резко открыта дроссельная заслонка, при этом каждый из цилиндров создавал значительное ускорение коленвала - графики ускорения, соответственно, значительно поднялись.

Как только частота вращения двигателя достигла 3000 RPM, было произведено выключение зажигания. Но, обратите на это внимание, при этом дроссельная заслонка продолжала удерживаться в полностью открытом состоянии до тех пор, пока двигатель полностью не остановился. Сразу после выключения зажигания частота вращения коленвала начала снижаться; но ещё какое-то время двигатель вращался по инерции, по-прежнему продолжая "засасывать" в цилиндры воздух и сжимать его (топливо при этом уже не подавалось, так как в этот момент было выключено зажигание). В результате сжатый в цилиндре воздух после прохождения поршнем точки ВМТ 0° работал, подобно пружине, "подталкивая" коленвал. Чем большее количество воздуха при этом было сжато в цилиндре - тем "сильнее" возникал "толчок". Таким обра-

зом, рассчитанное ускорение коленвала на данном этапе зависит только от работы механической части двигателя и не зависит ни от состояния системы зажигания, ни от состояния системы подачи топлива.

Данный пример (рис. 2) был записан на карбюраторном двигателе автомобиля ВАЗ 2109 1.5.

График ускорения 3-го цилиндра при работе двигателя на холостом ходу расположился ниже нулевой линии (ниже горизонтально расположенной линии чёрного цвета), что свидетельствует о значительном снижении эффективности работы этого цилиндра. Другими словами, двигатель троил. Примечательно то, что при открытии дроссельной заслонки этот цилиндр в работу включался, но, по сравнению с остальными цилиндрами, со сниженной эффективностью.

По последней фазе графиков ускорения (снижение частоты вращения двигателя с полностью открытой дроссельной заслонкой при выключенном зажигании) видно, что с падением частоты вращения двигателя, график ускорения 3-го цилиндра всё больше отклоняется вниз от графиков ускорения других цилиндров. Такой характер отклонения графика ускорения свидетельствует о сниженной компрессии в данном цилиндре. Измерение компрессии при помощи компрессометра классическим способом при прокрутке двигателя стартером дало следующие результаты: 12 Bar, 14 Bar, 7 Bar, 12 Bar (для цилиндров 1, 2, 3 и 4 соответственно).

Обратите внимание на то, что в качестве примера здесь приведён карбюраторный двигатель ВАЗ 2109 1.5, который, соответственно, не оснащён датчиком частоты вращения / положения коленчатого вала. В данном случае сигнал был снят при помощи индукционного датчика, удерживае-

мого вручную вблизи зубчатого венца стартера (датчики частоты вращения индукционного типа часто применяются производителями автомобилей в качестве датчиков частоты вращения / положения коленвала, а так в качестве колёсных датчиков системы ABS). Как уже было сказано выше, скрипт "CSS" способен анализировать сигнал от практически любого датчика частоты, снимающего частоту вращения любого зубчатого колеса, жёстко закреплённого на коленчатом валу диагностируемого двигателя.

Если на последней фазе графиков ускорения (падение частоты вращения двигателя с полностью открытой дроссельной заслонкой при выключенном зажигании) толчки от какого-то из цилиндров меньше, чем от других, на всём диапазоне частот вращения двигателя, то это свидетельствует либо о недостаточном наполнении этого цилиндра воздухом, либо о том, что степень сжатия у этого цилиндра снижена (например, из-за согнутого шатуна).

Таким образом, скрипт "CSS" позволяет однозначно выявлять неисправности в механической части двигателя, выявлять, в каком конкретном цилиндре присутствует эта неисправность; результаты измерений при этом практически не зависят от состояния системы зажигания и подачи топлива, поскольку на последнем этапе измерений зажигание выключено, и сгорание топлива в цилиндрах не происходит.

Также скрипт "CSS" позволяет выявлять непостоянные и сложно диагностируемые неисправности механики двигателя, такие как "подвижающиеся" клапана, "зажатие" клапанов из-за сильного нагрева двигателя и т.д.

Сила создаваемого цилиндром толчка зависит от количества и состава топливовоздушной смеси, от ка-

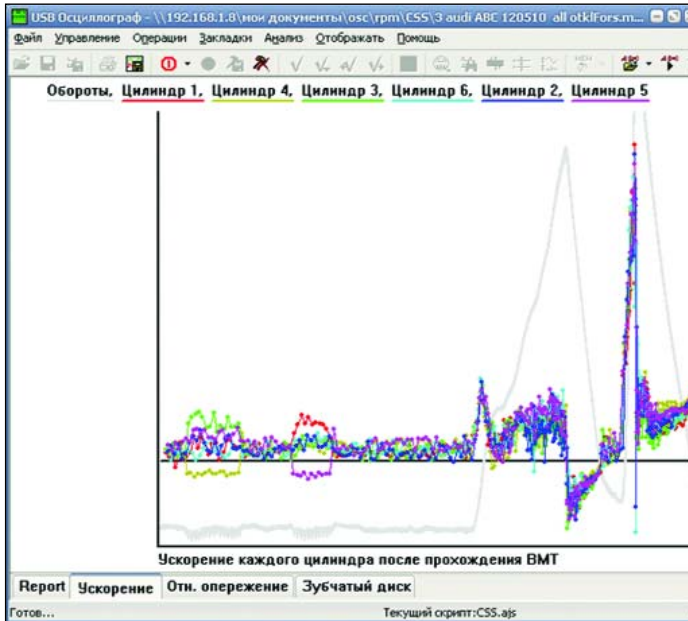


Рис. 1. AUDI A6 '95 V6 2.6. Поочерёдное отключение разъёма от форсунки 4-го и 5-го цилиндров

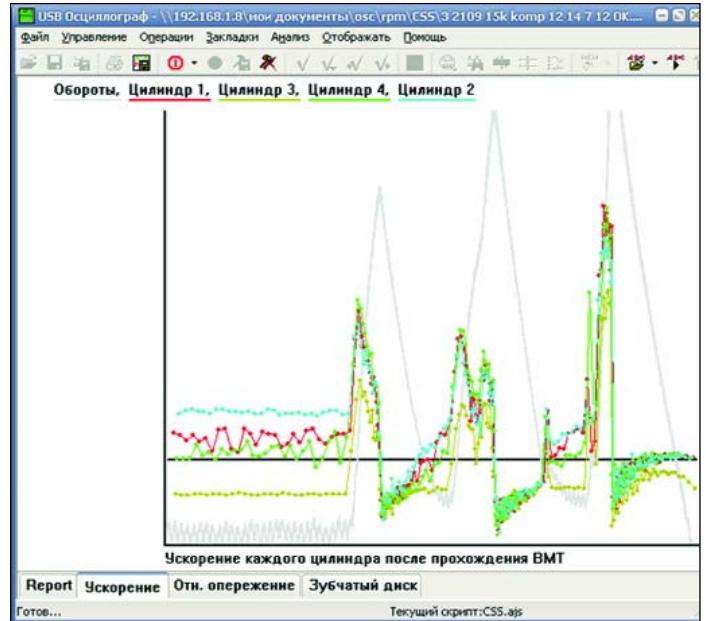


Рис. 2. Эффективность работы 3-го цилиндра снижена из-за его негерметичности

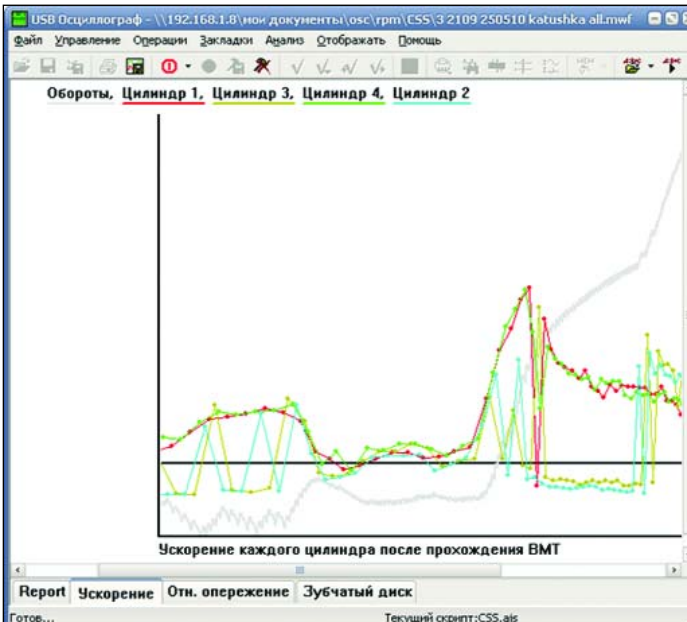


Рис. 3. Неисправна катушка зажигания, обслуживающая 2-й и 3-й цилиндры

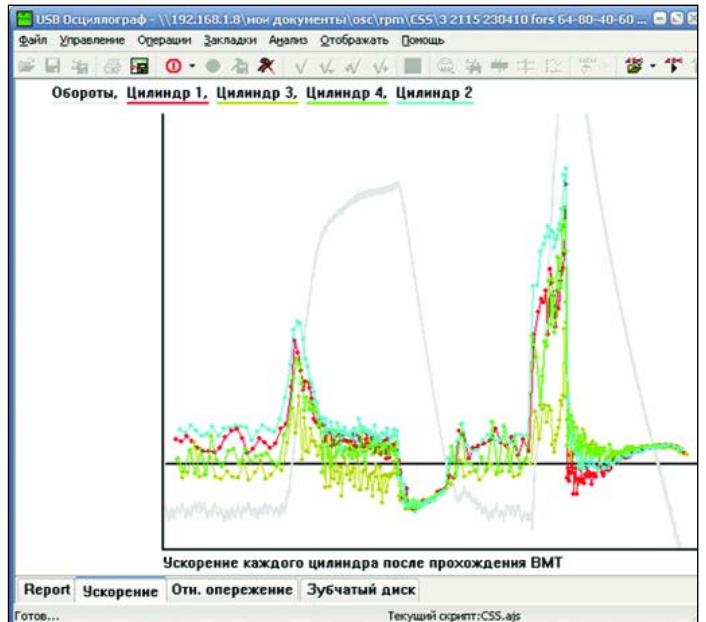


Рис. 4. Загрязнение топливных форсунок

чества искрообразования и от компрессии в данном цилиндре. Здесь важно заметить то, что сравнение силы толчков, создаваемых разными цилиндрами во время работы двигателя, позволяет сделать вывод об области происхождения неисправности или системы подачи топлива.

Неисправности системы зажигания на эффективность работы цилиндра влияют специфически. Такого рода неисправности

приводят к тому, что в одних режимах работы двигателя цилиндр работает с такой же эффективностью, как и другие цилиндры, а в других режимах работы двигателя цилиндр не работает совсем.

Данный пример (рис. 3) иллюстрирует неисправности в системе зажигания 2-го и 3-го цилиндров. По графикам ускорения видно, что 2-й и 3-й цилиндры то работают так же, как 1-й и 4-й цилиндры, то не работают вообще.

Таким образом, неисправности в системе зажигания приводят к тому, что на разных режимах работы двигателя цилиндр то работает в полную силу, то не работает вовсе. "Частичная" эффективность работы цилиндра при таких неисправностях не наблюдается (за исключением "экзотической" неисправности системы зажигания, когда угол опережения зажигания в одном из цилиндров значительно отличается от других цилиндров; но дан-

ную неисправность можно выявить дальнейшими проверками согласно данной методике).

К снижению "отдачи" цилиндра может привести заниженная компрессия, уменьшенное количество топливовоздушной смеси и неправильный состав топливовоздушной смеси для данного цилиндра.

На рис. 4 показаны графики, полученные на двигателе автомобиля ВАЗ 2115 1.6 8v.

Двигатель при работе на

холостом ходу "подтраивал", при перегазовках работал неравномерно.

Последняя фаза графиков ускорения (падение частоты вращения двигателя с полностью открытой дроссельной заслонкой при выключенном зажигании) указывает на то, что механическая часть двигателя исправна - значит компрессия и наполнение цилиндра смесью в норме.

Тот факт, что на разных режимах работы двигателя по графикам ускорения наблюдается не полное, а только частичное падение эффективности работы цилиндров, указывает на то, что неисправность находится за пределами области системы зажигания. Следовательно, причиной неисправности является неправильная работа системы подачи топлива. В данном случае, измерение производител-

ности топливных форсунок за 30 секунд на измерительном стенде показало следующие результаты: 64 ml, 80 ml, 40 ml, 60 ml.

Таким образом, если последняя фаза графиков ускорения указывает на исправное состояние механической части двигателя, и, при этом, во время работы двигателя в разных режимах наблюдается не "выпадение" цилиндра из работы, а лишь снижение его эффективности по сравнению с другими цилиндрами, то это указывает на неправильную работу системы подачи топлива. Таким методом можно выявлять частичное загрязнение топливных форсунок на ранних стадиях, ещё до того как оно станет причиной возникновения пропусков воспламенения, что избавляет диагноста от необоснованного снятия форсунок

для проверки на стенде.

Скрипт "CSS" может служить хорошим подспорьем для поиска причин хаотически возникающих пропусков воспламенения, а также при диагностике неравномерно работающего двигателя.

Следует заметить, что в случаях с полной неработоспособностью цилиндра (-ов) скрипт "CSS" не позволяет выявлять область происхождения неисправности - система зажигания или система подачи топлива. Но, при определенной сноровке, даже в таком случае можно выявить полностью забитую форсунку: если на работающем двигателе во время записи сигнала с датчика коленвала впрыснуть дополнительную порцию топлива во впускной коллектор, то цилиндр, обслуживаемый "забитой" форсункой, заработает, что

отразится на соответствующем ему графике ускорения. Подача дополнительного количества топлива обеспечит воспламенение "забитой" форсункой цилиндра, и эффективность его работы возрастет; а для тех цилиндров, в которые топливо подаётся форсунками в достаточном количестве, подача дополнительного количества топлива приведёт к переобогащению смеси, и, как следствие, эффективность работы таких цилиндров снизится.

Продолжение описания скрипта "CSS" и описание скрипта Pх, а также описание методики диагностирования современных дизельных двигателей при помощи скрипта "CSS" читайте в следующем номере.

Продолжение следует...
Андрей ШУЛЬГИН

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АВТОСЕРВИСОВ

ПРОДАЖА
СЕРВИСНОЕ
ОБСЛУЖИВАНИЕ
ОБУЧЕНИЕ

X431 Master

NEW



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР
В УКРАИНЕ

Beruf-Auto

тел. (044) 561-5511
моб.тел.: (067) 777-5555, (067) 501-1155

ВКЛАДКА "ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ОПЕРЕЖЕНИЕ ЗАЖИГАНИЯ"

При анализе сигнала от датчика частоты вращения / положения коленвала совместно с сигналом синхронизации с моментом искрообразования в первом цилиндре скрипт "CSS", кроме прочего, рассчитывает углы опережения зажигания и отображает полученные результаты в графическом виде.

На иллюстрации ниже показана построенная скриптом "CSS" вкладка "Отн. опережение", отображающая диаграмму зависимости угла опережения зажигания от частоты вращения двигателя и от нагрузки на двигатель.

По данной диаграмме (рис. 1) видно, что при максимальной нагрузке на двигатель (графики красного цвета) по мере увеличения оборотов (слева направо) угол опережения увеличивается - графики приподнимаются. Так же видно, что угол опережения зажигания при средних нагрузках (графики зеленого цвета) больше, чем угол опережения зажига-

ния при максимальных нагрузках (графики красного цвета).

Еще один пример (рис. 2) снят с карбюраторного двигателя автомобиля ВАЗ 2108. Здесь не работают грузики центробежного механизма регулирования угла опережения зажигания; при этом механизм вакуумной коррекции угла опережения зажигания работает исправно.

Данная вкладка аналогична диаграмме, которую строит скрипт "Px". Но здесь следует обратить внимание на то, что скрипт "Px" рассчитывает абсолютные значения угла опережения зажигания. То есть если скрипт "Px" рассчитал значение угла опережения зажигания 10°, значит это точно 10°. В отличие от скрипта "Px", скрипт "CSS" рассчитывает значения угла опережения зажигания относительно указанного диагностом значения начального угла опережения зажигания. То есть рассчитанные скриптом "CSS" значения углов опереже-

ния зажигания относительно начального угла опережения зажигания по данной диаграмме проводить нельзя. Во вкладке "Отн. опережение" отчёта скрипта "CSS" горизонтальная ось, отмечающая уровень, соответствующий углу опережения зажигания 0°, показана серым цветом, чтобы диагност помнил, что это не есть позиция абсолютная и зависит от значения начального угла опережения зажигания, которое сам же диагност и указал при запуске скрипта "CSS". Над этой осью дополнительно отображается ещё одна горизонтальная ось серого цвета, отмечающая, собственно, указанное диагностом значение начального угла опережения зажигания.

Но не смотря на то, что построенная скриптом "CSS" диаграмма зависимости угла опережения зажигания от частоты вращения двигателя и от нагрузки на двигатель относительно, форма этой диаг-

раммы в любом случае отображается правильно. То есть негерметичность диафрагмы механизма вакуумной коррекции угла опережения зажигания и / или неправильная работа центробежного механизма регулирования угла опережения зажигания легко диагностируются по диаграмме во вкладке "Отн. опережение".

ВКЛАДКА "ЗУБЧАТЫЙ ДИСК"

Скрипт "CSS" автоматически определяет количество зубьев и пропусков на задающем зубчатом диске, их расположение относительно точки ВМТ 0° 1-го цилиндра и строит графики, отражающие характеристики задающего зубчатого диска и датчика частоты вращения / положения коленчатого вала (рис. 3).

График чёрного цвета отображает наличие / отсутствие зубьев. В данном случае, за 120° до ВМТ 0° находится пропуск 2-х зубьев.

График красного цвета

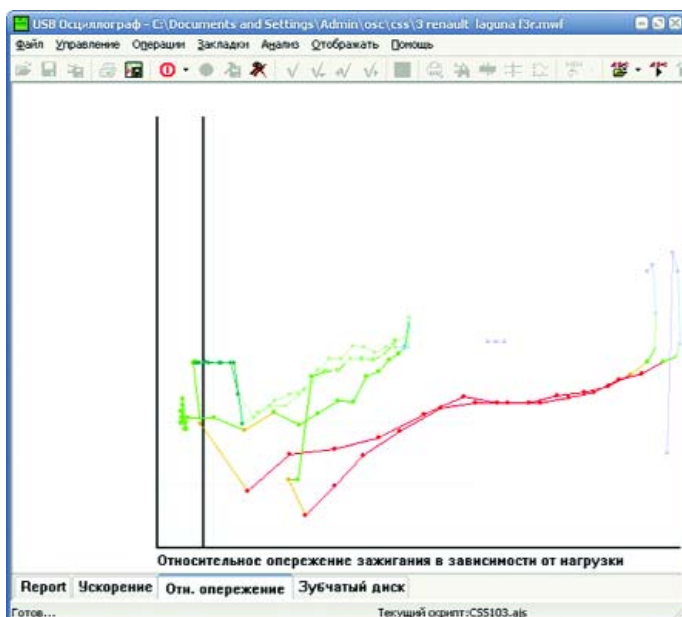


Рис. 1. Renault Laguna, двигатель F3R с электронным регулированием угла опережения зажигания

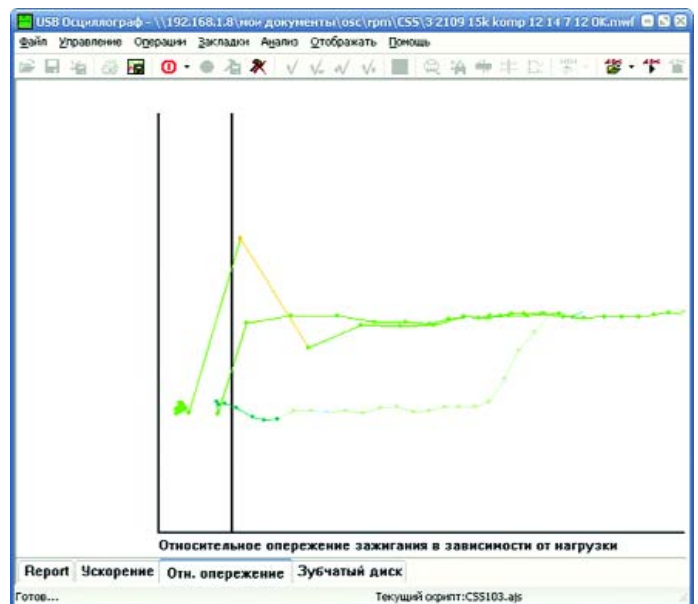


Рис. 2. ВАЗ 2108 1.5 карбюратор. Отсутствует коррекция угла опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленвала двигателя



Рис. 3. Данный пример снят с инжекторного двигателя автомобиля ВАЗ 2107



Рис. 4. Данный пример снят с двигателя автомобиля Alfa Romeo 146 1.4 twincam

отображает отклонение шага между зубьями. Если зуб деформирован (согнут, сломан), например, вследствие фиксации коленвала методом заклинивания задающего зубчатого диска при помощи монтировки, вследствие чего шаг между зубьями изменился более чем на 2%, то соответствующий фрагмент графика выходит за пределы осей розового цвета.

На некоторых двигателях участки сигнала от датчика частоты вращения / положения коленвала, формируемые прилегающими к пропуску зубьями, несколько искажены и смещены. В результате соответствующий участок графика красного цвета искажается (смотрите иллюстрацию выше). Такой характер графика красного цвета указывает на конструктивную особенность задающего зубчатого диска и датчика частоты вращения / положения коленвала.

На 1 но, 2 х и 4 х цилиндрических двигателях наблюдается "синусоидальность" графика красного цвета. Это результат одновременной полной остановки поршней всех цилиндров в мертвых точках. В

этот момент вся кинетическая энергия накоплена в маховике и коленвале. Из-за этого даже без нагрузки на двигатель коленвал вращается с "толчками", что распознаётся скриптом "CSS" как небольшое отклонение позиции зубьев. Для 3 х, 5 ти, 6 ти и более цилиндрических моторов - характер вращения коленвала более равномерен.

График зелёного цвета

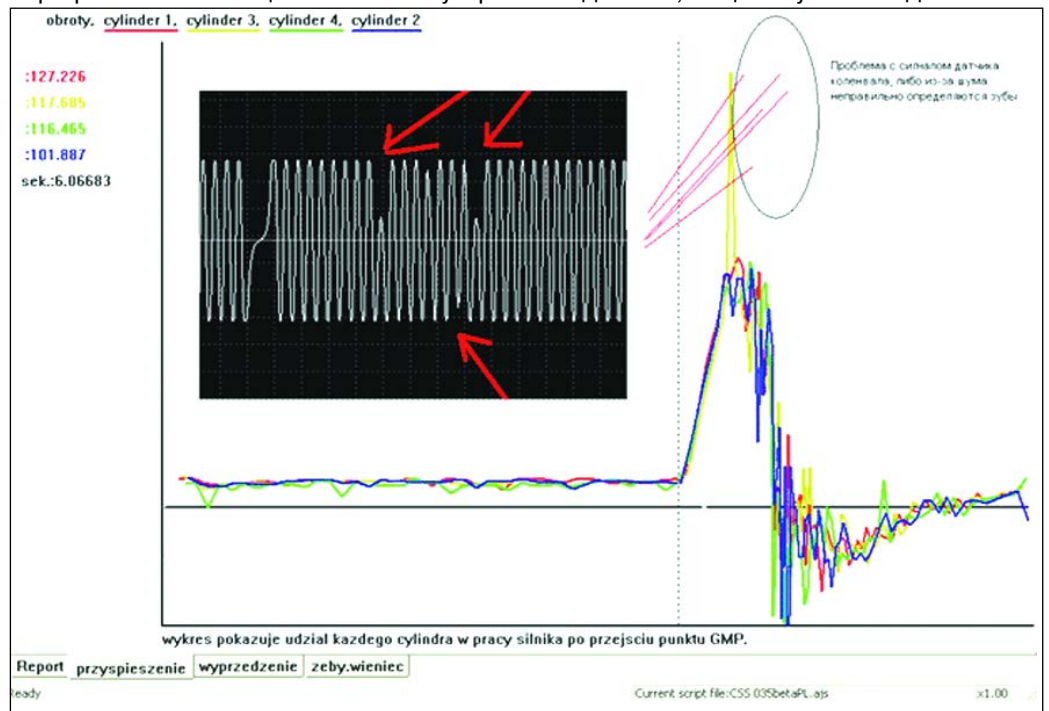


Рис. 5. Искажения сигнала от датчика частоты вращения / положения коленвала из-за ненадёжного контакта в разъеме

отображает силу сигнала от датчика частоты вращения / положения коленвала. Известно, что амплитуда выходного сигнала этого датчика, кроме прочего, зависит от частоты вращения коленвала. Но алгоритм расчёта построен так, что рассчитанная сила сигнала не зависит от частоты вращения коленвала. Таким образом, рассчитанная сила сигнала зависит от устройства датчика,

от устройства задающего зубчатого диска и от расстояния между датчиком и венцом задающего зубчатого диска. Если график зелёного цвета расположен ниже оси светло-зелёного цвета, то, возможно, установлен слишком большой зазор между датчиком и задающим диском.

Также форма графика зелёного цвета наглядно отображает биение задающего зубчатого диска.

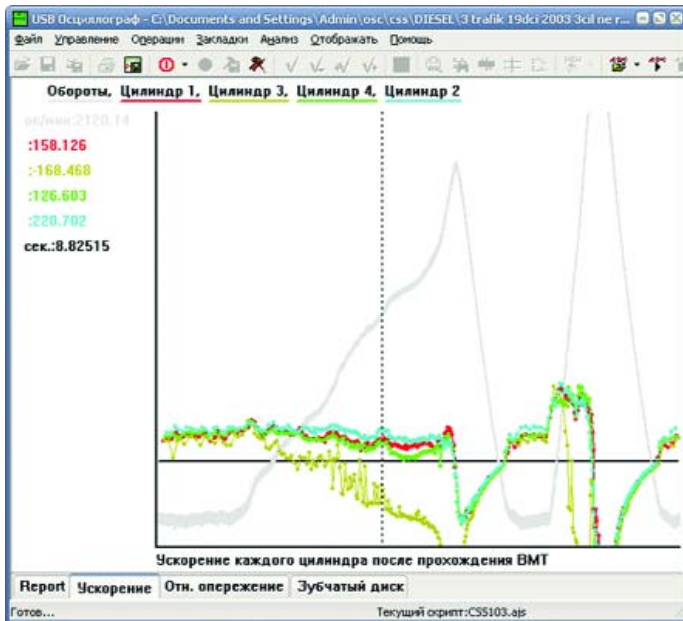


Рис. 6. Renault Trafic 1.9 dci 2003. Согнут шатун в 3-м цилиндре

На приведённой иллюстрации (рис. 4) сигнал от датчика мощнее, чем в предыдущем примере.

Точность нарезки зубьев здесь низкая, и шаг зубьев "гуляет" в пределах $\pm 2\%$. Пропуск зубьев здесь расположен ближе к ВМТ.

Следует отметить, что графики во вкладке "Зубчатый диск" отображают только постоянные неисправности, связанные с задающим зубчатым диском. Если сигнал от датчика частоты вращения / положения коленвала искажается кратковременно, то это отражается только на графике мгновенной частоты вращения двигателя во вкладке "Ускорение" в виде искажений этого графика (рис. 5).

ДИАГНОСТИКА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Данная методика применима и для диагностики дизельного двигателя, что достаточно актуально, так как далеко не все системы управления дизельными двигателями позволяют выводить через сканер информацию об эффективности работы каждого цилиндра; а те из них, кото-

рые позволяют просмотреть подобной рода информацию, в большинстве случаев выводят только данные о величине поцилиндровой коррекции топливоподачи, связанной со стабилизацией частоты вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу.

При работе с дизельным двигателем приходится задействовать различные способы синхронизации. В тех системах управления двигателем, где присутствует датчик движения иглы форсунки, удобно синхронизироваться по сигналу от этого датчика. Если же этот датчик встроен в форсунку 3-го цилиндра, то для четырехцилиндрового двигателя с порядком работы цилиндров 1342 следует указывать порядок 3421, то есть следует указывать порядок работы цилиндров, начиная с номера того цилиндра, по которому осуществляется синхронизация.

Для систем впрыска дизельного топлива Common Rail и систем с насос-форсунками, для синхронизации удобно применять токовые клещи (клещи устанавливаются на один из электрических проводов,

по которым осуществляет управление электромагнитным / пьезо клапаном форсунки / насос-форсунки / индивидуального ТНВД). В этом случае скрипт CSS автоматически синхронизируется по сигналу основного впрыска, игнорируя предварительный впрыск топлива и дополнительный впрыск топлива за счёт того, что продолжительность основного впрыска топлива значительно больше, чем продолжительность предварительного впрыска.

Данный пример (рис. 6) снят с двигателя 1.9 dci автомобиля Renault Trafic 2003-го года выпуска.

Здесь в из-за гидроудара согнулся шатун 3-го цилиндра, и, соответственно, в этом цилиндре снизилась степень сжатия. Как следствие, 3-й цилиндр не работал нормально.

При диагностике дизелей предыдущих поколений, в качестве синхронизирующего сигнала, можно использовать сигнал от специального пьезодатчика, устанавливаемого на топливопровод форсунки.

НЕКОТОРЫЕ ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЯ И ЗАМЕЧАНИЯ

Если свечи зажигания обслуживаются DIS-системой зажигания, и сигнал синхронизации с моментом зажигания в 1-м цилиндре снят при помощи высоковольтного датчика с высоковольтного провода, нужно следить за тем, чтобы амплитуда импульсов синхронизации от рабочей искры как минимум вдвое превышала амплитуду импульсов синхронизации от холостой искры.

На записанной осциллограмме не допускается потеря участков осциллограмм (из-за ненадёжного подключения пробника ос-

циллографического щупа). Не допускаются искажения формы осциллограммы выходного сигнала индукционного датчика частоты вращения / положения коленвала вследствие плохой "массы" или ненадёжных контактов.

Калибровка задающего зубчатого диска происходит на первом участке сброса частоты вращения двигателя. Поэтому для нормальной работы скрипта "CSS" во время записи осциллограмм обязательно нужно сделать перегазовку. Считается, что при сбросе частоты вращения коленвала с закрытой дроссельной заслонкой двигатель замедляется равномерно. Если в это время происходит воспламенение, калибровка может быть проведена неправильно. Если при сбросе частоты вращения коленвала топливоподача не прекращается, допускается при первом сбросе кратковременно выключить зажигание.

Нежелателен выход графика мгновенной частоты вращения коленвала за пределы окна вкладки "Ускорение" (это происходит при превышении частоты вращения коленвала 3500 RPM), так как в таком случае возрастает вероятность искажения графиков ускорения. Особенно "склонны" к искажениям графиков ускорения при высокой частоте вращения коленвала те двигатели, где зубчатый венец датчика коленвала расположен с противоположной стороны коленвала относительно маховика. Чем длиннее коленвал, тем больше искажения графиков ускорения (эти искажения возникают из-за низкой жёсткости коленвала, из-за его упругости и из-за резонансных колебаний коленвала при высоких частотах вращения).

Андрей ШУЛЬГИН