

Датчики положения элементов системы управления двигателем.

Некоторые элементы системы управления двигателем имеют подвижные механические узлы, текущее положение которых блок управления двигателем должен постоянно контролировать с высокой точностью. Такими элементами являются: датчик объёмного расхода воздуха (расходомер воздуха лопастного типа), дроссельная заслонка, электронная педаль акселератора (педаль газа без механической связи с дроссельной заслонкой), приводы системы холостого хода, некоторые клапаны системы EGR... Для определения положения этих элементов обычно применяются потенциометры резистивного типа. Далее, как наиболее характерный пример датчиков данного типа будут рассмотрены датчики положения дроссельной заслонки.

В ранних системах управления двигателями применялись механические концевые выключатели для контроля крайних положений дроссельной заслонки. Методика диагностики датчиков концевых положений рассмотрена ниже на примере датчика крайних положений дроссельной заслонки.

Позже, для достижения большей точности дозирования топлива для приготовления топливовоздушной смеси стали применять потенциометры, которые позволяют достаточно точно определять текущее фактическое положение, направление изменения положения и скорость изменения положения дроссельной заслонки. При использовании электронно-управляемых автоматических коробок передач, систем круиз-контроля, противо-блокировочных систем (ABS) с противо-буксовочными (ASR) и противо-заносными (ESP) системами, возникла необходимость не только определять положение дроссельной заслонки, но и изменять, задавать её положение относительно положения педали акселератора. Для достижения этой цели от жесткой механической связи между дроссельной заслонкой и педалью акселератора пришлось отказаться (пришлось исключить трос, связывающий педаль газа с дроссельной заслонкой). В поисках компромисса использовались различные конструкции с различным соотношением механической / электронной связи между этими узлами. Затем этот контроль полностью поручили электронно-следающим приводам, способным обеспечить безопасность движения при любых неисправностях. При этом стали применять по два потенциометра в датчике акселератора (в педали газа) и по два потенциометра в приводе дроссельной заслонки. Из-за недолговечности трущихся элементов потенциометров, вместо них стали использовать двойные электронные датчики положения бесконтактного типа с контролем постоянства закономерности изменения двух сигналов. Причем, данный контроль применяется больше для точного распознавания блоком управления неисправности, нежели для сохранения полной работоспособности автомобиля. Методика диагностирования датчиков потенциометрического типа рассмотрена на примере датчика положения дроссельной заслонки.

Датчик положения дроссельной заслонки Throttle Position Sensor (TPS).

Датчик положения дроссельной заслонки расположен на корпусе узла дроссельной заслонки. Служит для измерения степени открытия дроссельной заслонки.



Датчик положения дроссельной заслонки.

Чувствительный элемент датчика положения дроссельной заслонки представляет собой потенциометр, ось которого жёстко связана с осью дроссельной заслонки. На питающие выводы потенциометра подается опорное напряжение +5 V и "масса", а подвижный контакт датчика является сигнальным.

Выходной сигнал датчика положения дроссельной заслонки является одним из базовых для расчёта блоком управления двигателем необходимого количества топлива, для определения текущего режима работы двигателя и для расчёта оптимального угла опережения зажигания. Например, в режиме пуска двигателя количество подаваемого топлива рассчитывается по температуре двигателя, по степени открытия дроссельной заслонки и по фактической частоте вращения коленвала.

На работающем двигателе при закрытой дроссельной заслонке блок управления двигателем переходит в режим стабилизации частоты вращения коленчатого вала двигателя – режим поддержания холостого хода. Заданная частота вращения коленвала при этом зависит от температуры охлаждающей жидкости, от нагрузки на двигатель и от скорости движения автомобиля и регулируется путём изменения степени открытия регулятора холостого хода и изменения угла опережения зажигания.

Для устранения "провала" запаздывания набора оборотов в момент резкого открытия дроссельной заслонки, блок управления двигателем кратковременно подает дополнительную порцию топлива.

Если дроссельная заслонка открыта более чем на ~70 %, блок управления двигателем переходит в режим полной нагрузки, обеспечивая максимальную мощность двигателя путём приготовления несколько обогащённой топливовоздушной смеси.

Когда при движении автомобиля дроссельная заслонка резко закрывается, блок управления двигателем активирует режим принудительного холостого хода (или режим торможения двигателем) путём полного прекращения подачи топлива до тех пор, пока обороты двигателя не снизятся до определенной величины.

Остальные относительно стационарные положения дроссельной заслонки между режимом "поддержки холостого хода" и "полной нагрузки", называются режимом "частичной нагрузки" двигателя. В этом режиме блок управления двигателем поддерживает оптимальное соотношение топливно-воздушной смеси близкой к 1:14,7, за счет использования сигнала обратной связи от кислородных датчиков.

Проверка выходного сигнала датчика.

Диагностика датчика положения дроссельной заслонки потенциометрического типа заключается в проверке соответствия выходного напряжения датчика фактическому положению дроссельной заслонки во всём диапазоне её возможных положений. Для просмотра осциллограммы напряжения выходного сигнала датчика, разъём осциллографического щупа должен быть подключен к любому из аналоговых входов № 1-4 USB Autoscope II, чёрный зажим типа "крокодил" осциллографического щупа должен быть подсоединён к "массе" двигателя диагностируемого автомобиля, пробник щупа должен быть подсоединён параллельно сигнальному выводу датчика.

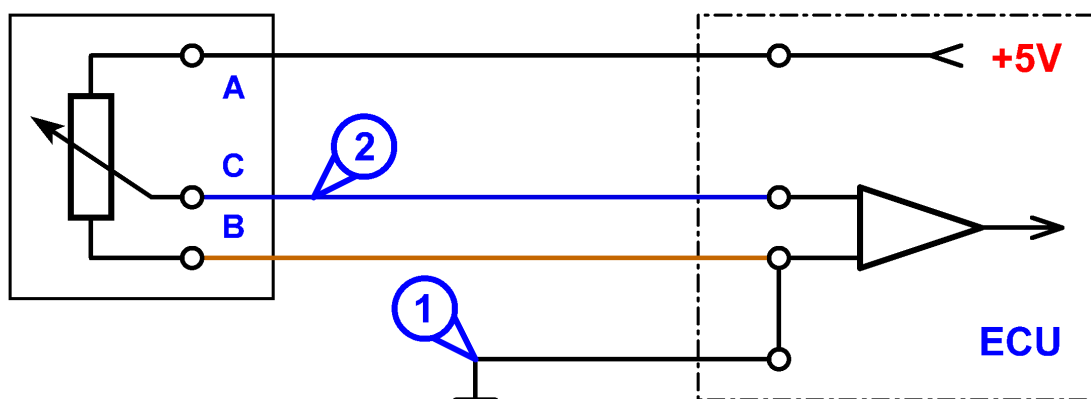


Схема подключения к датчику положения дроссельной заслонки потенциометрического типа.

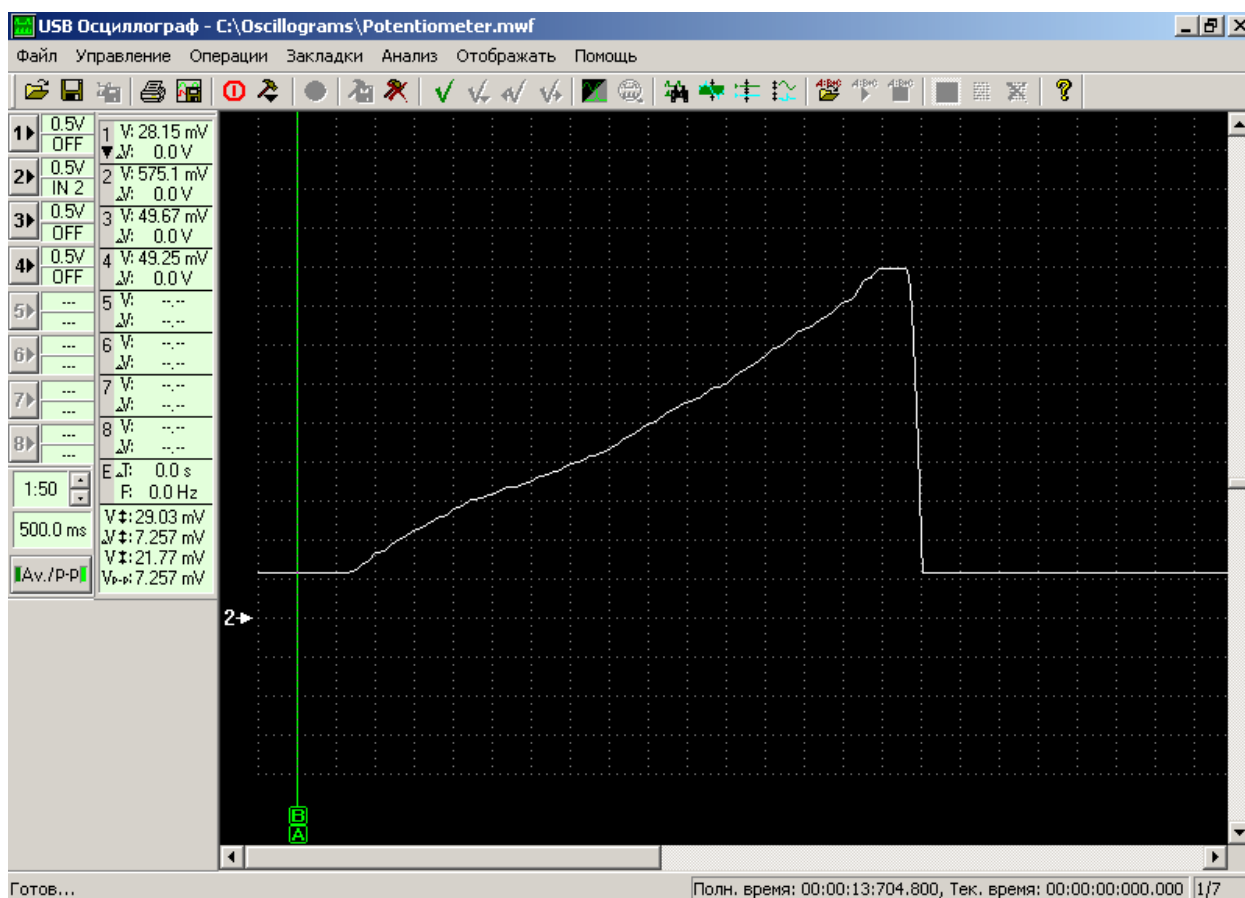
- 1 точка подключения чёрного зажима типа "крокодил" осциллографического щупа.
- 2 точка подключения пробника осциллографического щупа.

В окне программы "USB Осциллограф", необходимо выбрать подходящий режим отображения, в данном случае "Управление => Загрузить настройки пользователя => Potentiometer". Проверка датчика проводится при включенном зажигании и остановленном двигателе.

Осциллограмма напряжения выходного сигнала датчика должна быть записана. Для включения записи осциллограммы, в окне программы "USB Осциллограф", необходимо выбрать "Управление => Запись" после выбора режима "Potentiometer" и включения зажигания. После включения записи осциллограммы, необходимо как можно более плавно открыть дроссельную заслонку до её полного открытия, после чего так же плавно её закрыть. Далее, для остановки записи осциллограммы, в окне программы "USB Осциллограф", необходимо выбрать "Управление => Запись". После завершения записи, записанную осциллограмму можно детально изучить.

При закрытой дроссельной заслонке, значение напряжения выходного сигнала датчика его положения должно находиться в определенном диапазоне, чаще всего – 0,25...

0,75 V. Как только дроссельная заслонка начинает плавно открываться, значение напряжения выходного сигнала датчика так же должно плавно увеличиваться синхронно увеличению угла открытия дроссельной заслонки.

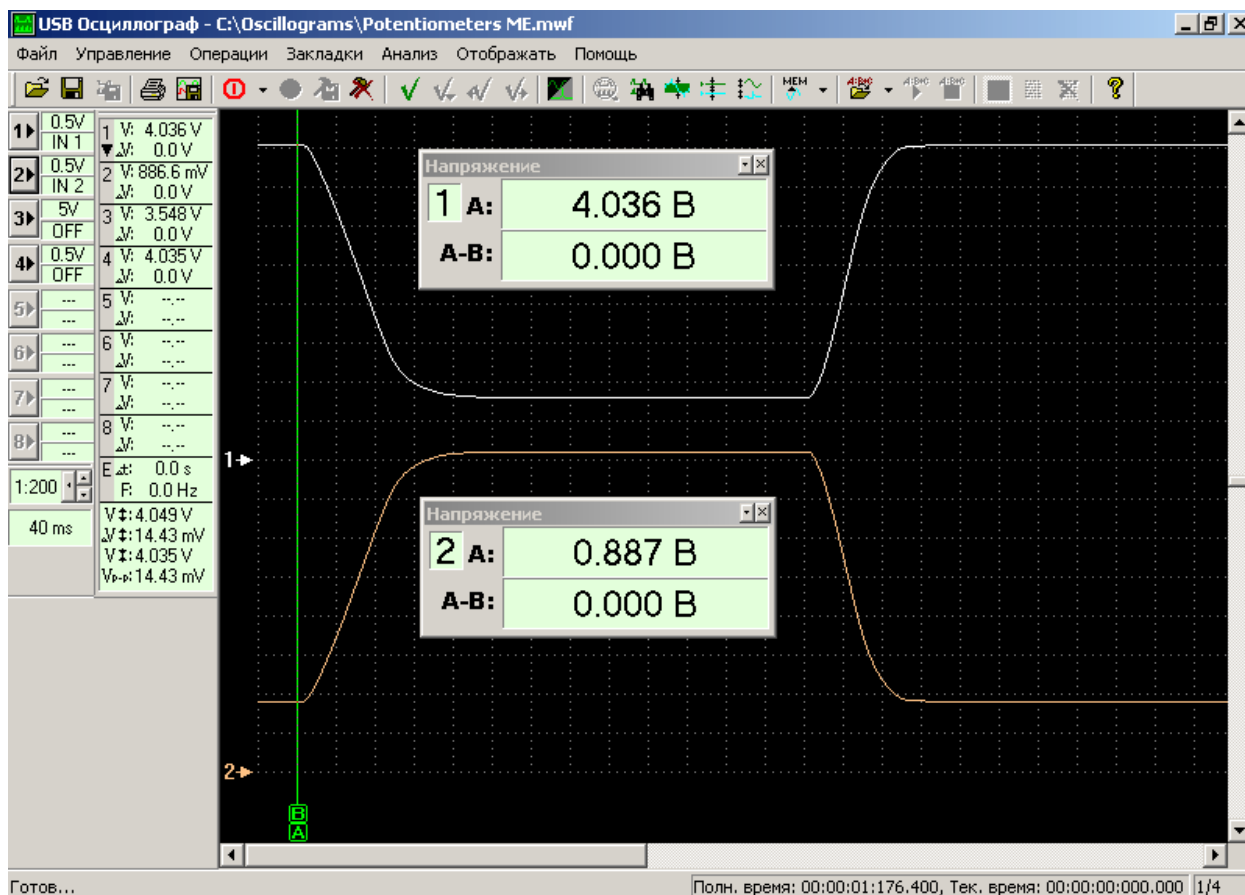


Осциллограмма напряжения выходного сигнала исправного датчика положения дроссельной заслонки. Зажигание включено, двигатель остановлен, плавное открытие дроссельной заслонки и быстрое её закрытие.

Когда дроссельная заслонка открыта полностью, значение напряжения выходного сигнала датчика должно находиться в диапазоне обычно 3,9...4,7 V.

В некоторых системах управления двигателем применяются датчики положения дроссельной заслонки потенциометрического типа с инверсной выходной характеристикой. При закрытой дроссельной заслонке выходное напряжение датчика высокое, а при открытой – низкое.

Во многих системах управления двигателем, где положение дроссельной заслонки задаётся при помощи электропривода (во всём диапазоне возможных положений, либо только в режиме холостого хода), текущее положение дроссельной заслонки определяется при помощи сразу двух потенциометров, конструктивно объединённых. Один из потенциометров имеет прямую выходную характеристику, а другой потенциометр обычно имеет инверсную выходную характеристику. Кроме того, многие узлы дроссельных заслонок со встроенным электроприводом зачастую дополнительно оснащены концевым микро-выключателем холостого хода, срабатывающим тогда, когда педаль акселератора отпущена водителем полностью.

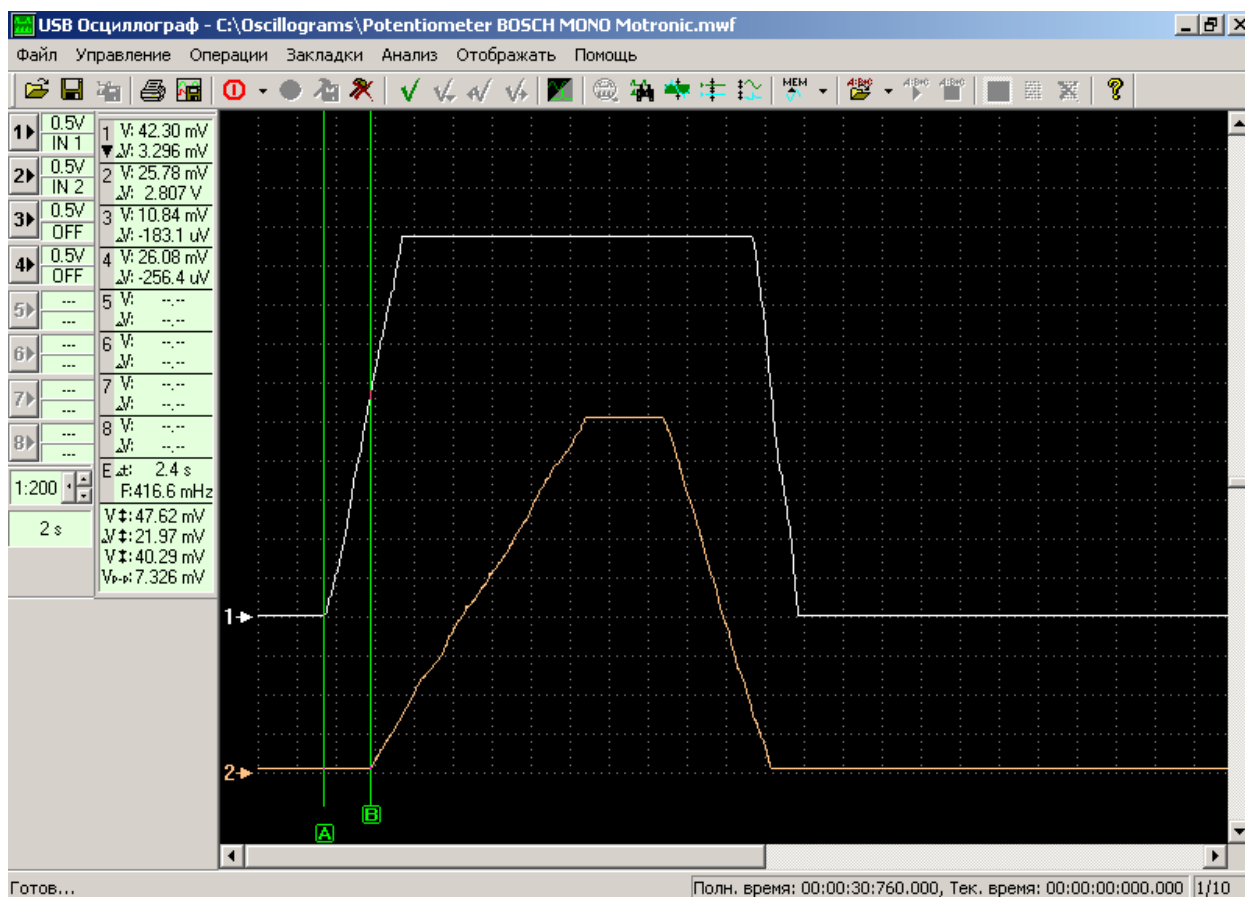


Осциллограммы напряжения выходных сигналов исправного спаренного датчика положения дроссельной заслонки системы управления двигателем с электронным приводом дроссельной заслонки. Зажигание включено, двигатель остановлен, открытие дроссельной заслонки, закрытие дроссельной заслонки.

- 1 Осциллограмма напряжения выходного сигнала потенциометра, имеющего инверсную выходную характеристику.
- 2 Осциллограмма напряжения выходного сигнала потенциометра, имеющего прямую выходную характеристику.
- 1 A: Значение напряжения в момент времени указанный маркером. В данном случае соответствует напряжению выходного сигнала потенциометра, имеющего инверсную выходную характеристику при закрытой дроссельной заслонке и равно ~ 4 V.
- 2 A: Значение напряжения в момент времени указанный маркером. В данном случае соответствует напряжению выходного сигнала потенциометра, имеющего прямую выходную характеристику при закрытой дроссельной заслонке и равно ~ 890 mV.

Наличие двух потенциометров в датчике положения дроссельной заслонки служит для повышения точности измерения текущего положения дроссельной заслонки, для точного распознавания блоком управления неисправностей датчика, а так же для повышения надёжности узла дроссельной заслонки – при выходе из строя одного из потенциометров блок управления двигателем определяет текущее положение дроссельной заслонки по сигналу от исправного потенциометра.

Встречаются спаренные потенциометрические датчики положения дроссельной заслонки, где оба потенциометра имеют прямую выходную характеристику. Выходной сигнал одного потенциометра изменяется в диапазоне положений дроссельной заслонки от "полностью закрыто", до "частично открыто" (для системы управления двигателем BOSCH MONO Motronic этот диапазон составляет от 0% до 30%). Выходной сигнал другого потенциометра изменяется в диапазоне положений дроссельной заслонки от "частично открыто" до "полностью открыто" (для системы управления двигателем BOSCH MONO Motronic этот диапазон составляет от 17% до 100%).



Осциллограммы напряжения выходных сигналов исправного спаренного датчика положения дроссельной заслонки системы управления двигателем BOSCH MONO Motronic. Зажигание включено, двигатель остановлен, открытие дроссельной заслонки, закрытие дроссельной заслонки.

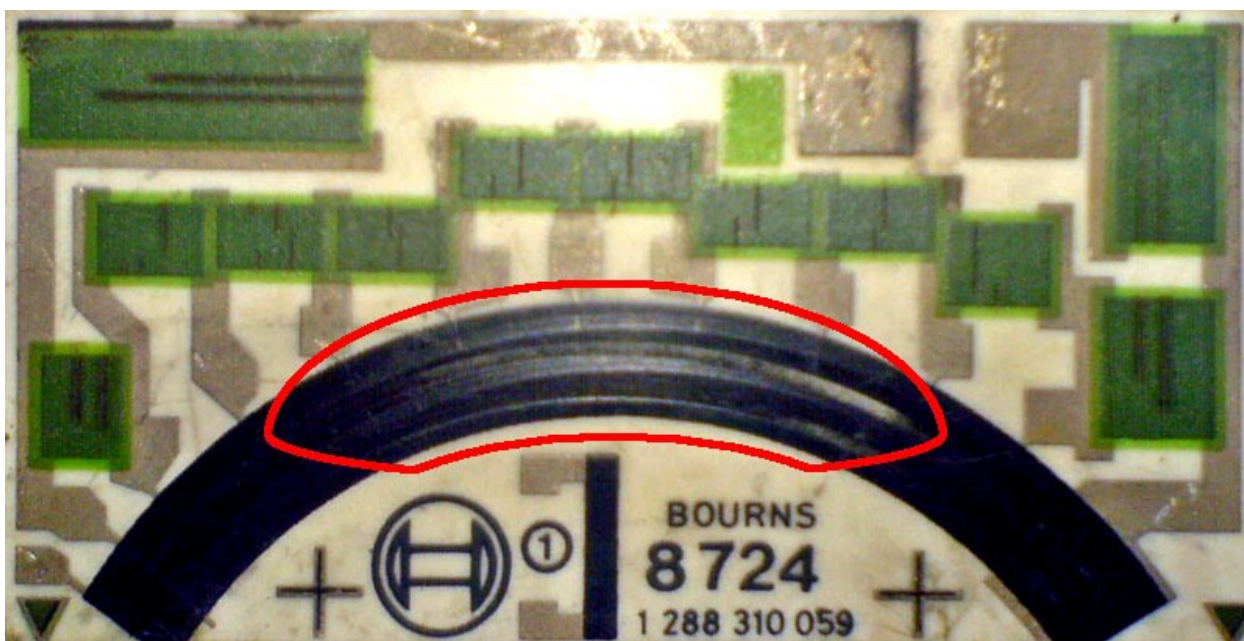
- 1 Осциллограмма напряжения выходного сигнала потенциометра, работающего в диапазоне положений дроссельной заслонки от "полностью закрыто", до "частично открыто".
- 2 Осциллограмма напряжения выходного сигнала потенциометра, работающего в диапазоне положений дроссельной заслонки от "частично открыто" до "полностью открыто".

Такая конструкция датчика применяется для повышения точности измерения текущего положения дроссельной заслонки при малых углах её открытия. Высокая точность измерения текущего положения дроссельной заслонки в системе управления двигателем BOSCH MONO Motronic очень важна, так как данная система не оснащена ни

датчиком абсолютного давления во впускном коллекторе, ни датчиком расхода воздуха. По этому, величина нагрузки на двигатель и соответствующее ей необходимое количество впрыскиваемого топлива определяются по скорости вращения коленвала, по величине открытия дроссельной заслонки, по температуре двигателя и по температуре входящего воздуха.

Типовые неисправности.

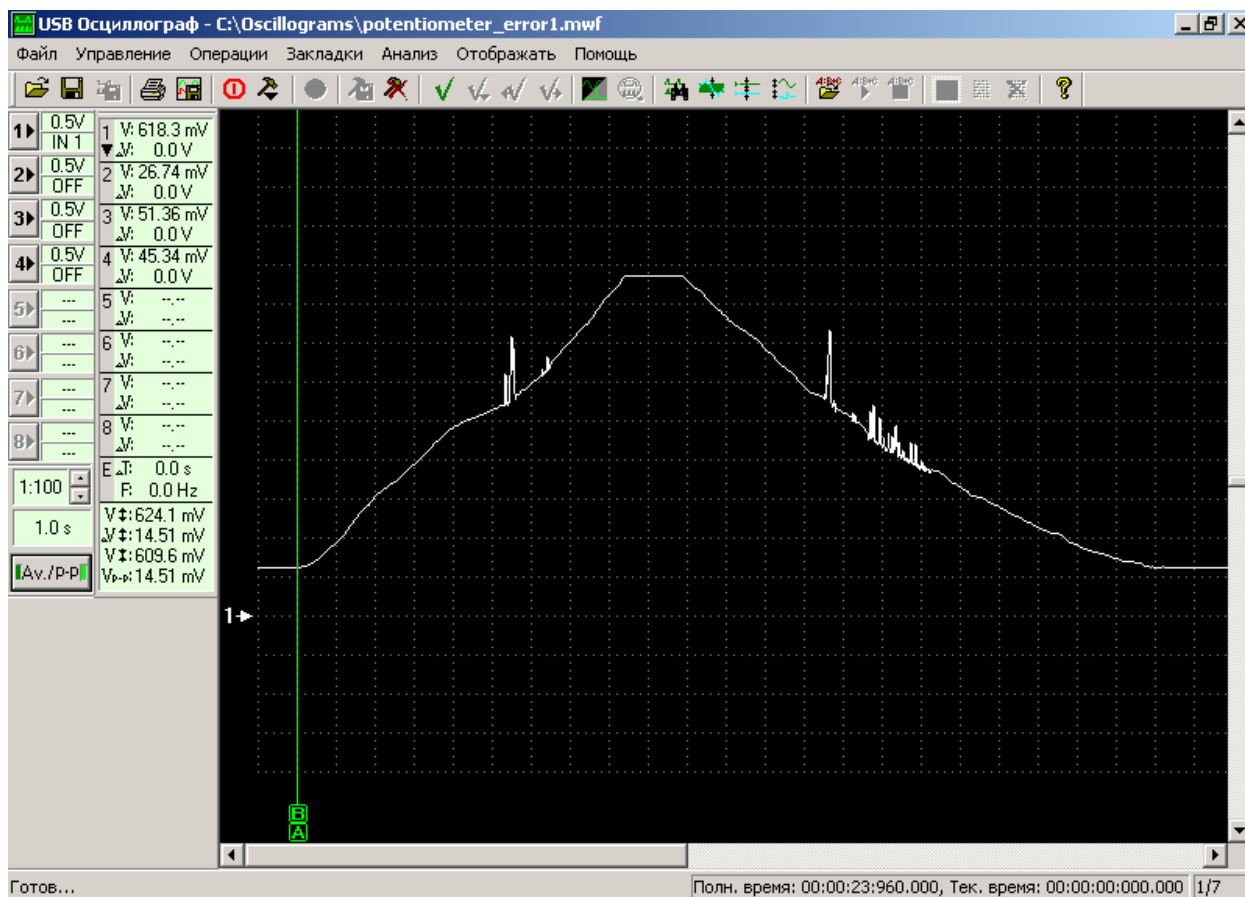
Подвижный контакт потенциометрического датчика механически перемещается по контактному резистивному слою датчика, что со временем может стать причиной разрушения этого контактного резистивного слоя. В таком случае, при некоторых положениях подвижного контакта датчика, значение выходного напряжения датчика может не соответствовать фактическому положению дроссельной заслонки.



Дорожка потенциометра с "протёртым" контактным резистивным слоем (на данной иллюстрации показан измерительный потенциометр датчика объёмного расхода воздуха).

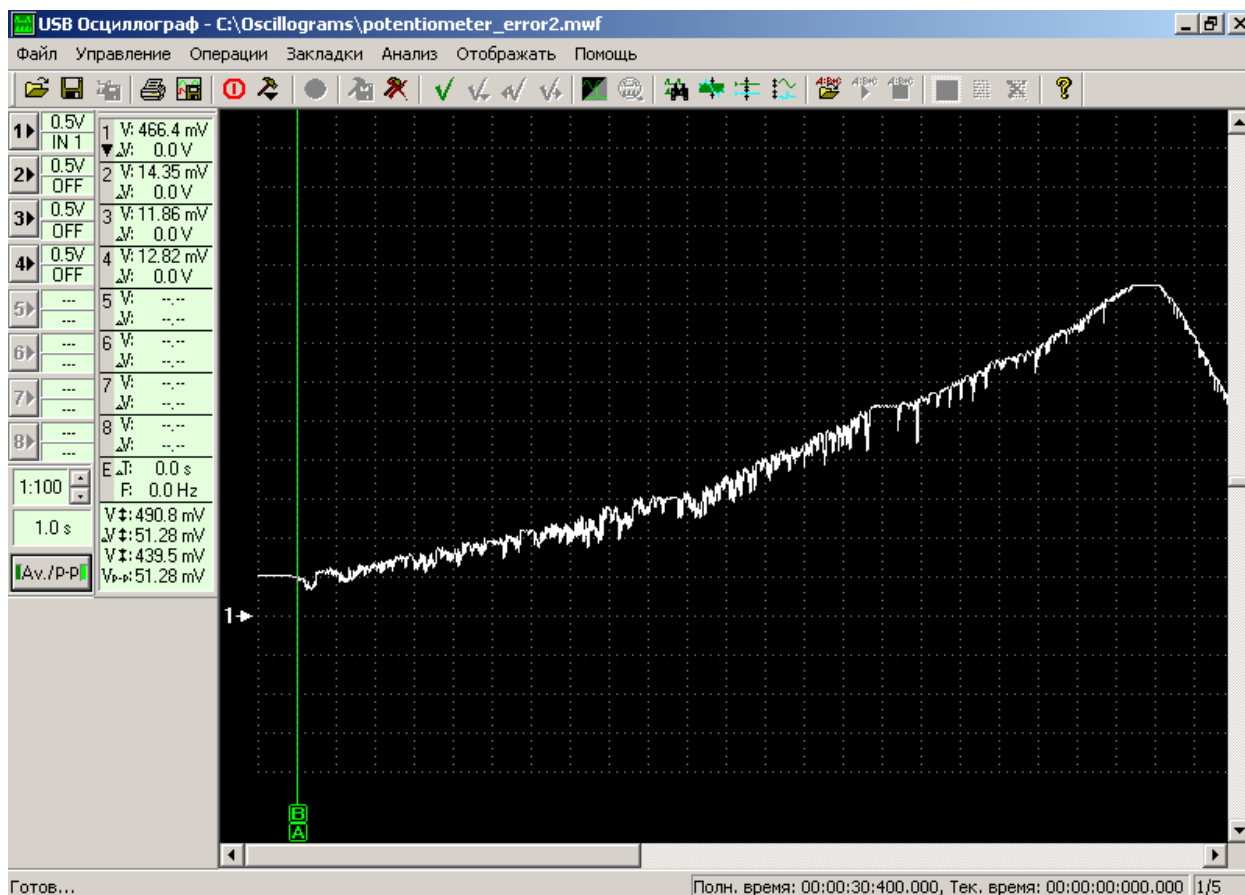
Как только водитель устанавливает такое положение дроссельной заслонки, при котором ползунок потенциометра датчика заслонки попадает на участок с разрушенным контактным резистивным слоем, возникают резкие рывки в работе двигателя. Блок управления двигателем воспринимает изменения напряжения на дефектном участке как сигнал режима быстрого разгона двигателя, или режима отсечки подачи топлива. Характер влияния неисправности на работу системы управления двигателем зависит от того, на каких режимах работы двигателя, и при каких углах открытия дроссельной заслонки проявляется неисправность. Если показания датчика нарушаются при закрытой дроссельной заслонке, то это приводит к нестабильности оборотов холостого хода – после отпускания педали акселератора двигатель может заглохнуть, либо напротив, обороты холостого хода могут быть сильно завышенными. Если же показания датчика нарушаются при каком-либо другом положении дроссельной заслонки, это вызывает возникновение резких рывков в работе двигателя в моменты, когда дроссельная заслонка принимает

положения, при которых проявляется несоответствие выходного сигнала датчика фактическому положению заслонки.



Осциллограмма напряжения выходного сигнала неисправного датчика положения дроссельной заслонки. Зажигание включено, двигатель остановлен, плавное открытие дроссельной заслонки, плавное закрытие дроссельной заслонки.

В большинстве случаев, несоответствие выходного сигнала датчика положения дроссельной заслонки фактическому углу открытия дроссельной заслонки имеет место при положении дроссельной заслонки "полностью закрыто" и "частично открыто", из-за чего нарушается работа двигателя в режиме холостого хода.



Осциллограмма напряжения выходного сигнала неисправного датчика положения дроссельной заслонки. Зажигание включено, двигатель остановлен, плавное открытие дроссельной заслонки.

В случае повреждения контактного резистивного слоя датчика во всём диапазоне положений дроссельной заслонки, характер работы двигателя становится непредсказуемым.

Неисправности датчика, вызванные разрушением контактного резистивного слоя датчика, устраняются путём замены датчика положения дроссельной заслонки на новый.

Другой типовой неисправностью датчика является повышенная зависимость выходного напряжения датчика от температуры его корпуса. Данная неисправность является следствием установки некачественного датчика положения дроссельной заслонки на этапе замены износившегося датчика на новый или ещё на этапе производства автомобиля. Проявляется данная неисправность после прогрева двигателя при полностью закрытой дроссельной заслонке как повышение частоты вращения двигателя на холостом ходу.

Характерным признаком неисправности является возможность временного её устранения путём выключения и повторного пуска двигателя. В момент включения зажигания, блок управления двигателем фиксирует ("запоминает") текущее значение выходного напряжения датчика положения дроссельной заслонки и принимает его за напряжение, соответствующее полностью закрытой заслонке. После запуска двигателя это значение напряжения служит для блока управления двигателем признаком закрытой

дроссельной заслонки, когда водитель полностью отпускает педаль акселератора. При совпадении выходного напряжения датчика со значением, зафиксированным во время включения зажигания, блок управления двигателем переходит в режим стабилизации частоты вращения двигателя на холостом ходу.

Если температурная стабильность датчика не удовлетворительна, может возникнуть сбой в работе двигателя на холостом ходу. Например, в момент включения зажигания, когда двигатель холодный (корпус датчика положения дроссельной заслонки холодный) значение выходного напряжения рассматриваемого датчика равно 500 mV. Блок управления двигателем фиксирует это значение как соответствующее полностью закрытой дроссельной заслонке. В моменты, когда выходное напряжение датчика вновь совпадает с этим зафиксированным значением 500 mV, двигатель переходит в режим стабилизации оборотов холостого хода. По мере прогрева двигателя разогревается и корпус датчика, и если с увеличением температуры корпуса датчика его выходное напряжение так же увеличивается, то может наступить момент, когда при закрытой дроссельной заслонке напряжение выходного сигнала будет значительно превышать зафиксированное при включении зажигания значение, и будет равно, например, 550 mV. В таком случае, когда водитель полностью отпускает педаль акселератора, от датчика будет поступать напряжение 550 mV вместо 500 mV, что уже не будет соответствовать сигналу полностью закрытой дроссельной заслонки. Вследствие этого, блок управления двигателем уже не будет переходить в режим стабилизации оборотов холостого хода.

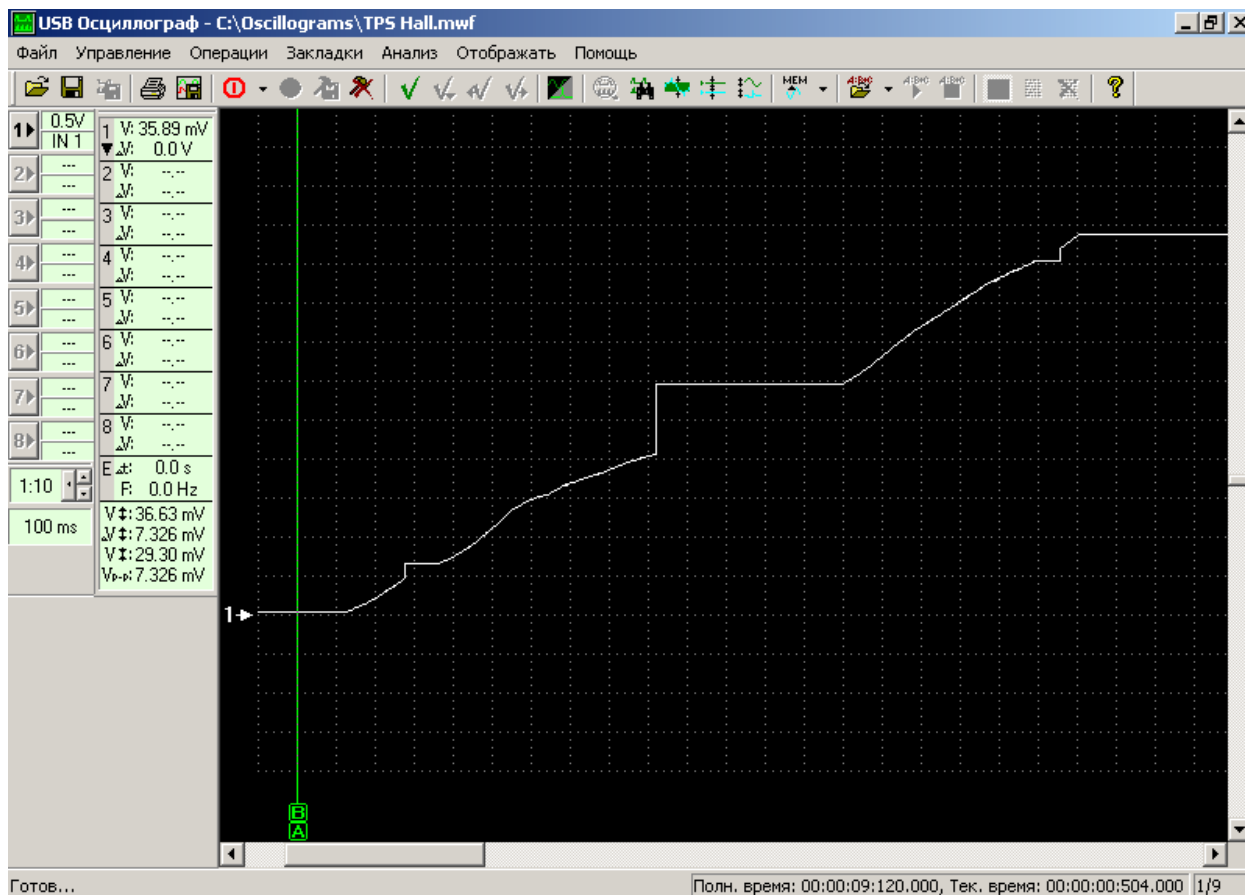
Если же теперь водитель выключит зажигание, после чего вновь запустит двигатель, блок управления двигателем зафиксирует новое текущее значение напряжения датчика положения дроссельной заслонки 550 mV с уже разогретым корпусом и примет его за напряжение, соответствующее полностью закрытой дроссельной заслонки. Теперь, работа двигателя при закрытой дроссельной заслонке будет стабильна, пока температура корпуса датчика положения дроссельной заслонки вновь не изменится.

Диагностика данной неисправности сводится к сравнению двух значений выходного напряжения датчика при полностью закрытой дроссельной заслонке. Первое значение необходимо измерить, когда температура корпуса датчика близка к текущему значению температуры воздуха (двигатель не работал на протяжении минимум 3-х часов). Второе значение необходимо измерить, когда двигатель будет полностью прогрет до рабочей температуры (электро-вентилятор системы охлаждения автоматически включится не менее трёх раз). Данная неисправность устраняется только путём замены некачественного датчика на качественный.

В некоторых системах управления двигателем вместо датчиков положения потенциометрического типа применяются оптические датчики положения. Типовой неисправностью этих датчиков является проникновение и накопление загрязнений в полостях, где расположены оптические элементы и на самих оптических элементах. Устраняется данная неисправность путём очистки от загрязнений, но только в тех случаях, если конструкция датчика позволяет его разобрать и повторно собрать.

В последнее время, в некоторых системах управления двигателем вместо датчиков положения потенциометрического типа применяются бесконтактные "линейные" датчики, работающие на эффекте Холла. Эти датчики лишены недостатков резистивного слоя, но при этом имеют "свои" типовые неисправности. Наиболее распространённым дефектом датчика положения дроссельной заслонки на эффекте Холла бывают зоны с нелинейной зависимостью изменения выходного напряжения датчика. На осциллограмме напряжения

выходного сигнала при плавном открытии дроссельной заслонки данная неисправность проявляется как "Г-образная ступенька". Такая "ступенька" может перекрывать значительный диапазон возможных положений дроссельной заслонки. При плавном изменении положения дроссельной заслонки внутри такого диапазона значения напряжения выходного сигнала датчика не изменяются. Подобных ступенек на всём диапазоне возможных положений дроссельной заслонки может быть несколько.



Осциллограмма напряжения выходного сигнала неисправного датчика положения дроссельной заслонки работающего на эффекте Холла.

Устраняется данная неисправность только путём замены датчика на исправный.

Датчик крайних положений дроссельной заслонки Throttle Valve Switch.

В некоторых системах управления двигателем прежних лет применялись датчики крайних положений дроссельной заслонки на основе концевых микро-выключателей. Микро-выключатель "холостого хода" и микро-выключатель "полной нагрузки".



Датчик крайних положений дроссельной заслонки, измерительными элементами которого являются два микро-выключателя.

Каждый из концевых микро-выключателей может принимать одно из двух его возможных состояний – "замкнут" или "разомкнут". В зависимости от текущего состояния микро-выключателя, напряжение его выходного сигнала может принимать значение соответствующее либо низкому уровню сигнала (обычно это значение равно 0 V), либо соответствующее высокому уровню сигнала (обычно это значение равно 5 V, либо 12 V).

Вследствие сравнительно быстрого механического износа, микро-выключатели датчика со временем могут перестать срабатывать, особенно часто данная неисправность случается с микро-выключателями холостого хода. Для устранения этого дефекта достаточно периодически вновь отрегулировать положение корпуса датчика относительно корпуса дроссельной заслонки так, чтобы микро-выключатель холостого хода изменял своё состояние сразу же после начала открытия дроссельной заслонки.

Ещё одной распространённой неисправностью концевых микро-выключателей датчиков положения некоторых типов является образование микротрещин в области спайки выходных клемм выключателя с разъёмом датчика. Эта неисправность возникает на автомобилях со значительным пробегом, вследствие воздействия механических нагрузок в области спайки клемм выключателя с разъёмом датчика. Если конструкция датчика позволяет его разобрать и повторно собрать, эту неисправность можно устранить, не прибегая к замене датчика. Достаточно повторно пропаять при помощи паяльника выходные клеммы микро-выключателя в области спаивания с разъёмом датчика.

Проверка исправности концевого микро-выключателя проводится путём измерения сопротивления датчика с помощью омметра. Сопротивление разомкнутого микро-выключателя должно стремиться к бесконечности. Когда микро-выключатель замкнут, его сопротивление не должно превышать значения 1 Ω. При этом дополнительно следует обратить внимание на стабильность сопротивления микро-выключателя в состоянии

"замкнут" при нескольких его срабатываниях. После каждого переключения выключателя в состояние "замкнут" омметр должен показывать одно и то же значение сопротивления датчика с отклонениями не более $0,1 \Omega$. Изменяющиеся значения сопротивления микро-выключателя в состоянии "замкнут" могут быть признаком образования микротрещин в области спаивания выходных клемм выключателя с разъёмом датчика, либо признаком подгорания контактов датчика.

Существуют датчики крайних положений дроссельной заслонки, выполненные по технологии, аналогичной технологии изготовления потенциометрических датчиков положения дроссельной заслонки – на основе резистивного слоя. Сопротивление такого датчика при его состоянии "замкнуто" может принимать значения от $0,1 \Omega$ до $10 \text{ k}\Omega$ и более. Подобные датчики часто бывают конструктивно объединены в общем корпусе с датчиком положения дроссельной заслонки потенциометрического типа.



Датчик положения дроссельной заслонки потенциометрического типа со встроенным датчиком концевого положения, срабатывающим в положении заслонки "полностью закрыто".

Подобные датчики имеют обычно 4-х контактный разъём. Три клеммы разъёма соединены с датчиком положения дроссельной заслонки потенциометрического типа, четвёртая клемма разъёма соединяется с выводом датчика концевого положения дроссельной заслонки. Другой вывод датчика концевого положения дроссельной заслонки соединён с одной из питающих клемм датчика, обычно, с выводом "массы" датчика.