

Датчики расхода воздуха Air Flow Sensors

Датчик расхода воздуха служит для измерения количества (объёма или массы) потребляемого двигателем воздуха. Значение массы входящего воздуха, измеренное непосредственно датчиком или рассчитанное блоком управления двигателем по его объёму, является одним из базовых параметров в определении длительности открытия топливных форсунок. Датчик расхода воздуха устанавливается после воздушного фильтра перед дроссельной заслонкой. Со стороны входной части корпуса датчика расположена сетка или ламинирующие соты, выравнивающие поток воздуха по всей площади воздухомера.

Существуют различные конструкции датчиков расхода воздуха, но каждый из них можно отнести к одному из двух типов – датчики объёмного расхода воздуха, и датчики массового расхода воздуха.

Датчики массового расхода воздуха (ДМРВ) более предпочтительны, так как измеряют непосредственно массовый расход воздуха (ДМРВ учитывает температуру и давление атмосферного воздуха), за счёт чего блок управления двигателем может более точно рассчитывать необходимое количество впрыскиваемого топлива. Кроме того, конструкция ДМРВ не имеет подвижных механических частей. Но из-за сложного устройства датчиков массового расхода воздуха, в ранних системах управления двигателями применялись в основном датчики объёмного расхода воздуха.

Датчики объёмного расхода воздуха менее предпочтительны, так как измеряют только объём протекающего воздуха. А масса воздуха (как и любых других газов), заполняющего, к примеру, объём равный одному литру, очень сильно зависит от его давления и температуры. Блок управления двигателем рассчитывает массовый расход воздуха, дополнительно учитывая атмосферное давление и показания датчика температуры воздуха во впускной тракте. Каждый из этих датчиков имеет свою погрешность, в результате чего рассчитанное значение массового расхода воздуха может несколько отличаться от фактического расхода. Блок управления двигателем рассчитывает по значению массы поступившего в двигатель воздуха в значение массы топлива, необходимое для каждого цилиндра. Следует отметить, что все расходомеры воздуха определяют непрерывный расход, а топливо впрыскивается форсунками порциями, синхронно с тактами работы цилиндров.

Выходной сигнал датчика расхода воздуха может быть аналоговым либо цифровым. В первом случае в зависимости от расхода воздуха изменяется напряжение выходного сигнала датчика, во втором случае изменяется частота или скважность выходного сигнала датчика. Например, выходной сигнал некоторых датчиков массового расхода воздуха производства GM, MITSUBISHI представляет собой прямоугольное напряжение с изменяющейся частотой. С увеличением потока протекающего через датчик воздуха, увеличивается частота выходного сигнала.

Датчик объёмного расхода воздуха

Большинство датчиков объёмного расхода воздуха работают по одному из двух принципов: используется либо принцип подсчёта вихрей Кармана (некоторые датчики производства MITSUBISHI, CHRISLER...), либо принцип смещения ползунка потенциометра при помощи лопасти, размещённой в потоке расходуемого двигателем воздуха. Датчики расхода воздуха работающие по принципу подсчёта вихрей Кармана обладают высокой надёжностью, так как не имеют подвижных механических частей.

Датчик объёмного расхода воздуха, работающий на принципе подсчета вихрей Кармана.



*Датчик расхода воздуха производства MITSUBISHI,
работающий на принципе подсчета вихрей Кармана.*

Вихревой датчик расхода воздуха, использует метод подсчета вихрей Кармана, которые образуются в ламинарном воздушном потоке, на пути которого встречается препятствие с острыми кромками. Воздушные вихри срываются с этих кромок с частотой, линейно зависящей от скорости потока.

Датчик работает только при условии, что в воздушном потоке возникает турбулентность. Турбулентность в свою очередь возникает только при достаточной скорости потока воздуха. Но при слишком высокой скорости потока могут возникать паразитные пульсации давления. Поэтому, некоторые датчики данного типа оснащены дополнительным входом для изменения чувствительности измерительного элемента, что необходимо при малой скорости потока воздуха через воздухомер, например, при работе двигателя в режиме холостого хода.

Первые вихревые датчики использовали ультразвуковой передатчик и ультразвуковой приемник. Затем появились датчики, использующие метод измерения пульсаций давления по краям кромок, где образуются завихрения воздушного потока. В современных вихревых датчиках расхода воздуха, вместо измерения давления пульсаций используется тонкая нагретая нить, по пульсациям температуры которой и подсчитываются вихри Кармана.

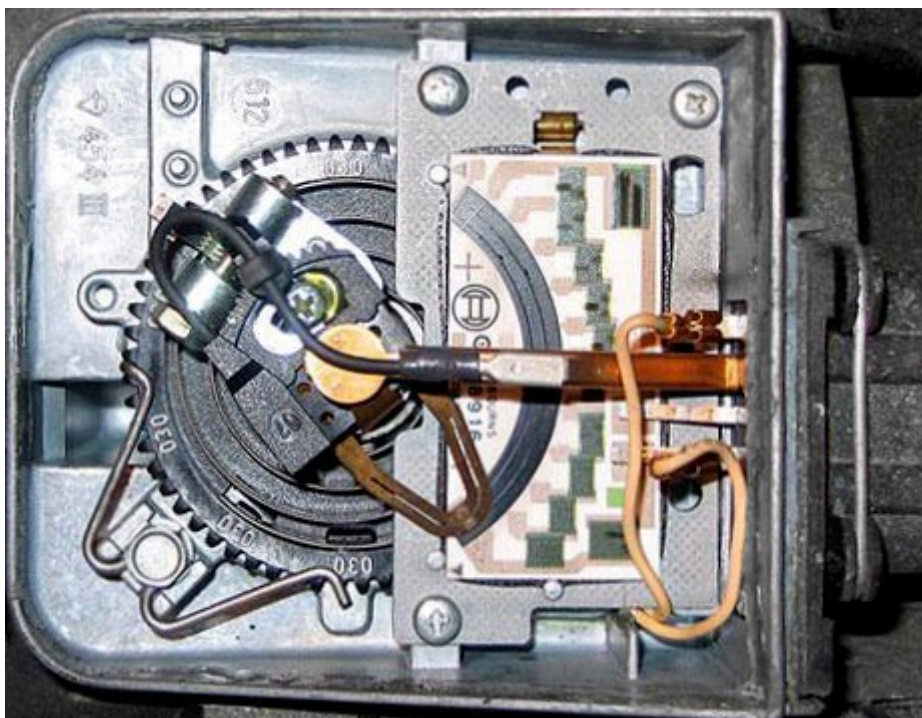
Датчик объёмного расхода воздуха, с механическим измерительным потенциометром.



Датчик объёмного расхода воздуха потенциометрического типа производства BOSCH.

Датчики объёмного расхода воздуха работающие по принципу смещения ползунка потенциометра при помощи измерительной лопасти обладают низкой надёжностью, так как их конструкция включает подвижные механические элементы. Лопать такого датчика подпружинена и размещена в потоке расходуемого двигателем воздуха так, что с увеличением потока воздуха лопать смещается пропорционально потоку. Поток расходуемого двигателем воздуха имеет пульсирующий характер, и для уменьшения эффекта пульсаций измерительной лопасти синхронно пульсациям воздушного потока, лопать датчика соединена с демпфером. С измерительной лопастью механически связан ползунок потенциометра, который за счёт этого смещается на величину, пропорциональную величине потока воздуха. Мерой объёма протекающего через датчик воздуха является выходное напряжение этого измерительного потенциометра.

Измерительный потенциометр датчика объёмного расхода воздуха выполнен на керамической подложке. На подложку нанесены резисторы делителя напряжения, выводы которых размещены в ряд и покрыты контактным резистивным слоем. Ползунок потенциометра прижат к контактному резистивному слою, благодаря чему напряжение на ползунке равно напряжению в точке контакта с резистивным слоем.



Потенциометр датчика объёмного расхода воздуха производства BOSCH.

При каждом изменении положения лопасти, ползунок перемещается по контактному резистивному слою, скользя по нему. Такие перемещения ползунка постепенно истирают контактный резистивный слой, что с течением времени приводит к возникновению "потертости" измерительного потенциометра. При попадании ползунка в зону "потертости", где контактный резистивный слой изношен вплоть до керамической подложки, электрический контакт между ползунком и резистивным слоем ухудшается, вследствие чего выходное напряжение потенциометра уже не соответствует положению подвижной лопасти расходомера – то есть, выходное напряжение датчика не соответствует величине расходуемого двигателем воздуха.

Типичной неисправностью датчиков объёмного расхода воздуха работающих по принципу смещения ползунка потенциометра, является механический износ резистивного слоя. Так же часто встречается подклинивание лопасти датчика. Причинами подклинивания лопасти могут быть износ опор лопасти, деформация (искривление) лопасти из-за сильных хлопков во впускном коллекторе или из-за загрязнения воздушных каналов датчика.

Методика диагностирования датчика объёмного расхода воздуха работающего по принципу смещения ползунка потенциометра аналогична методике диагностирования потенциометрического датчика положения дроссельной заслонки (или любого другого потенциометрического датчика положения).

Датчик массового расхода воздуха Mass Air Flow Sensor (MAF Sensor)

Измерительным элементом датчика массового расхода воздуха является разогретый до определённой заданной температуры проволочный или плёночный элемент. Протекающий поток воздуха охлаждает этот элемент, но электрическая схема (обычно, встроенная в расходомер) управляет мощностью его подогрева и разогревает измерительный элемент до его прежней температуры. Чем больший поток воздуха проходит через расходомер, тем большая требуется мощность подогрева для поддержания заданной температуры измерительного элемента. Таким образом, мощность подогрева измерительного элемента расходомера является мерой величины протекающего через датчик потока воздуха. Величина тока подогрева измерительного элемента преобразуется в выходной сигнал датчика – в большинстве случаев в аналоговое напряжение, в некоторых типах расходомеров в прямоугольное напряжение с изменяющейся частотой.

Датчик массового расхода воздуха BOSCH HFM5

Существует несколько конструкций датчиков массового расхода воздуха, но в последние годы большое распространение получил датчик массового расхода воздуха HFM 5 производства BOSCH.



Датчик массового расхода воздуха BOSCH HFM5.

Выходной сигнал датчика массового расхода воздуха BOSCH HFM5 представляет собой напряжение постоянного тока, изменяющееся в диапазоне 0...5V. Напряжение выходного сигнала датчика зависит от величины и направления проходящего через датчик потока воздуха. При нулевом расходе воздуха (двигатель остановлен, зажигание включено) выходное напряжение датчика массового расхода воздуха равно 1,00V. Когда двигатель работает, через датчик протекает воздух, и чем больше поток воздуха, тем выше значение выходного напряжения датчика. На определённых режимах работы двигателя могут возникать кратковременные обратные потоки воздуха – когда воздух движется по направлению от впускного коллектора двигателя к воздушному фильтру. Датчик массового

расхода воздуха BOSCH HFM5 способен регистрировать обратные потоки воздуха, при этом его выходное напряжение снижается до значений меньших 1,00V пропорционально величине обратного потока.

Если сигнал от датчика массового расхода воздуха имеет отклонения от нормы, работа двигателя существенно ухудшается – повышается расход топлива, уменьшается "приёмистость" двигателя, на устоявшихся режимах работа двигателя становится нестабильной, появляется затруднённый холодный пуск двигателя. Отклонения параметров выходного сигнала могут быть связаны с "ухудшением" характеристик датчика массового расхода воздуха, подсосом "неучтенного" воздуха во впускной тракт, нестабильностью питающего напряжения датчика.

В случае попадания на измерительный элемент датчика загрязнений, снижается скорость реакции датчика на изменения величины воздушного потока, а так же снижается точность измерения, что, в итоге, приводит к приготовлению топливовоздушной смеси с неправильным составом. Интенсивное отложение загрязнений на чувствительном элементе датчика может возникнуть вследствие несвоевременной замены воздушного фильтра.

Иногда наблюдаются повреждения датчика, когда выходной сигнал постоянно находится в пределах 1,00V и при увеличении потока воздуха не изменяется. Двигатель при этом нормально запускается, но сразу глохнет. В большинстве случаев блок управления двигателем может определить только полностью неисправный расходомер. "Ухудшение" характеристик датчика определяются блоком управления в редких случаях.

Проверка выходного сигнала датчика BOSCH HFM5

Для просмотра осциллограммы напряжения выходного сигнала датчика массового расхода воздуха BOSCH HFM5, рекомендуется воспользоваться дифференциальным осциллографическим щупом. Разъём дифференциального осциллографического щупа должен быть подключен к дифференциальному аналоговому входу №6 USB Autoscope II. Чёрный зажим типа "крокодил" дифференциального осциллографического щупа должен быть подсоединён к "массе" двигателя диагностируемого автомобиля. Отрицательный пробник щупа (чёрного цвета) должен быть подсоединён параллельно "сигнальной массе" датчика (клемма №3 разъёма датчика), положительный пробник щупа (красного цвета) должен быть подсоединён параллельно сигнальному выводу датчика (клемма №5 разъёма датчика).

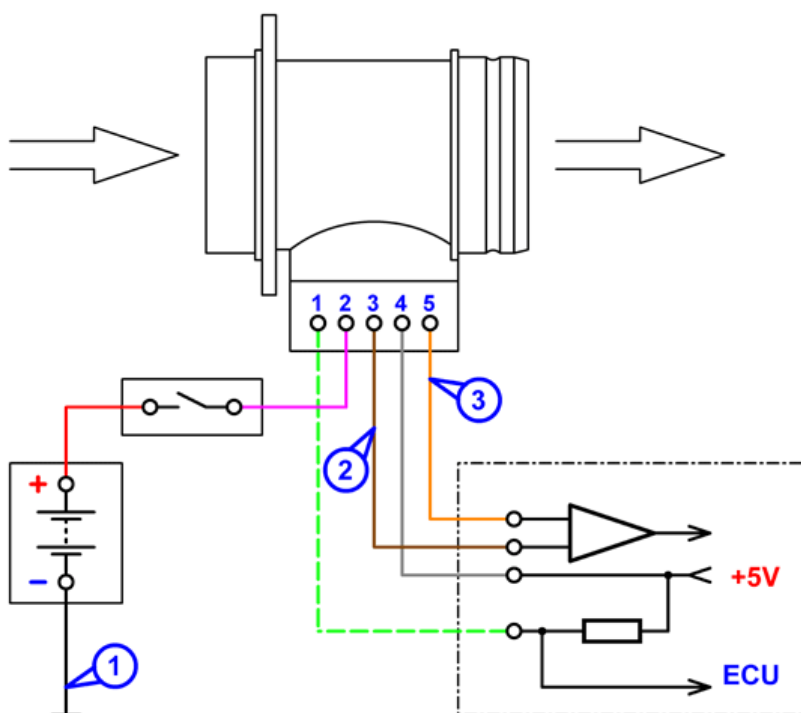


Схема подключения к датчику массового расхода воздуха BOSCH HFM5.

- 1 точка подключения чёрного зажима типа "крокодил" дифференциального осциллографического щупа;
- 2 точка подключения отрицательного пробника дифференциального осциллографического щупа (чёрного цвета);
- 3 точка подключения положительного пробника дифференциального осциллографического щупа (красного цвета).

Вместо дифференциального осциллографического щупа можно воспользоваться осциллографическим щупом. Осциллографический щуп должен быть подключен к аналоговому входу №1 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 (клемма №5 разъёма датчика).

В окне программы "USB Осциллограф", необходимо выбрать подходящий режим отображения, в данном случае "Управление => Загрузить настройки пользователя => HFM5".

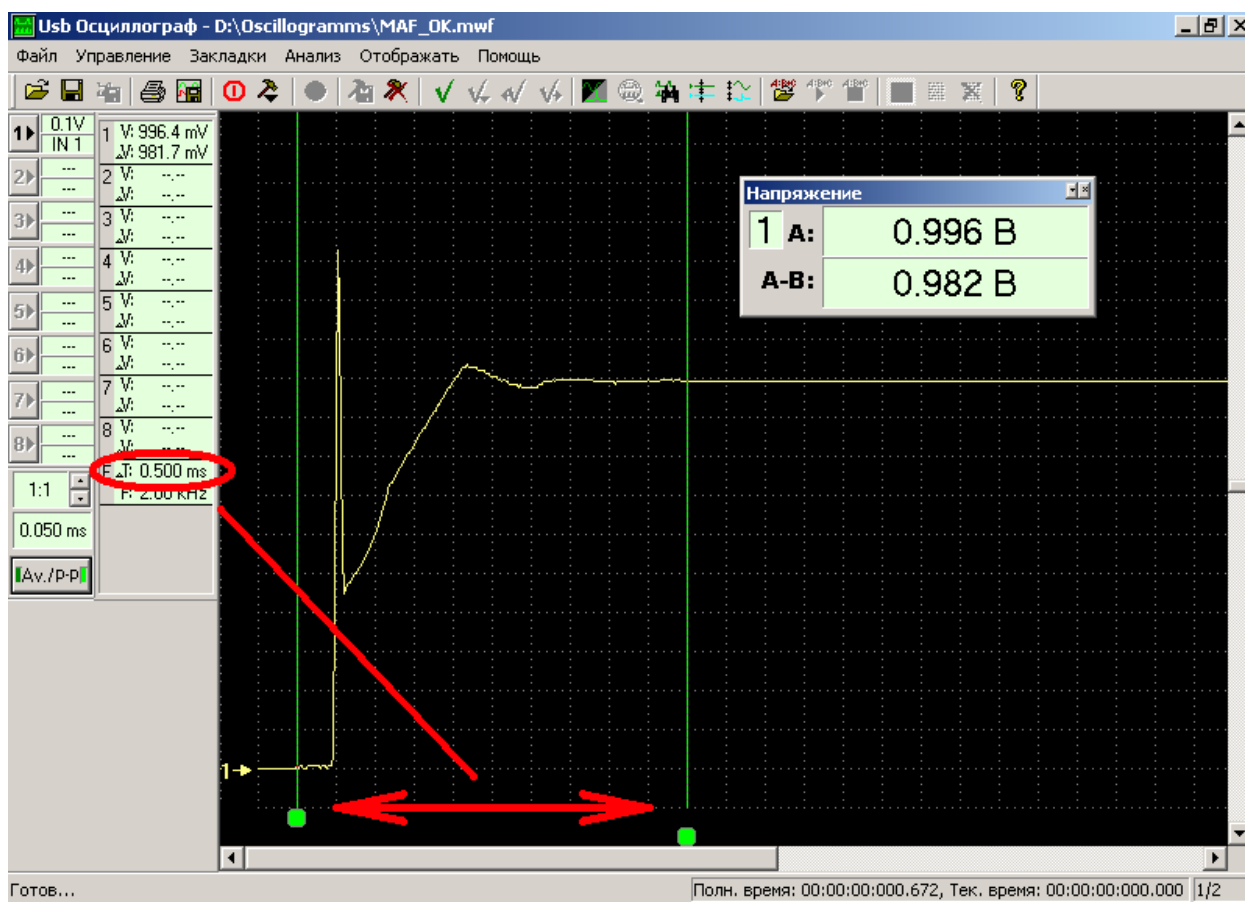
Для проведения детального изучения, осциллограмма напряжения выходного сигнала датчика должна быть записана. Для записи осциллограммы, перед моментом включения зажигания в окне программы "USB Осциллограф" необходимо выбрать "Управление => Запись". Для остановки записи осциллограммы, в окне программы "USB Осциллограф" необходимо повторно выбрать "Управление => Запись". Далее записанную осциллограмму можно детально изучить.

Проверка выходного сигнала датчика массового расхода воздуха BOSCH HFM5 проводится в три этапа:

- измерение времени переходного процесса в момент включения зажигания;
- измерение значения напряжения выходного сигнала при нулевом потоке воздуха;
- измерение максимального значения напряжения выходного сигнала датчика при резкой перегазовке.

Измерение времени переходного процесса при подаче питания.

В момент включения зажигания происходит подача питающих напряжений на датчики и исполнительные механизмы системы управления двигателем, в том числе и на датчик расхода воздуха. Сразу после подачи питания на датчик массового расхода воздуха BOSCH HFM5 происходит разогрев его чувствительного элемента до рабочей температуры, при этом, пока температура датчика стабилизируется, возникает переходный процесс.

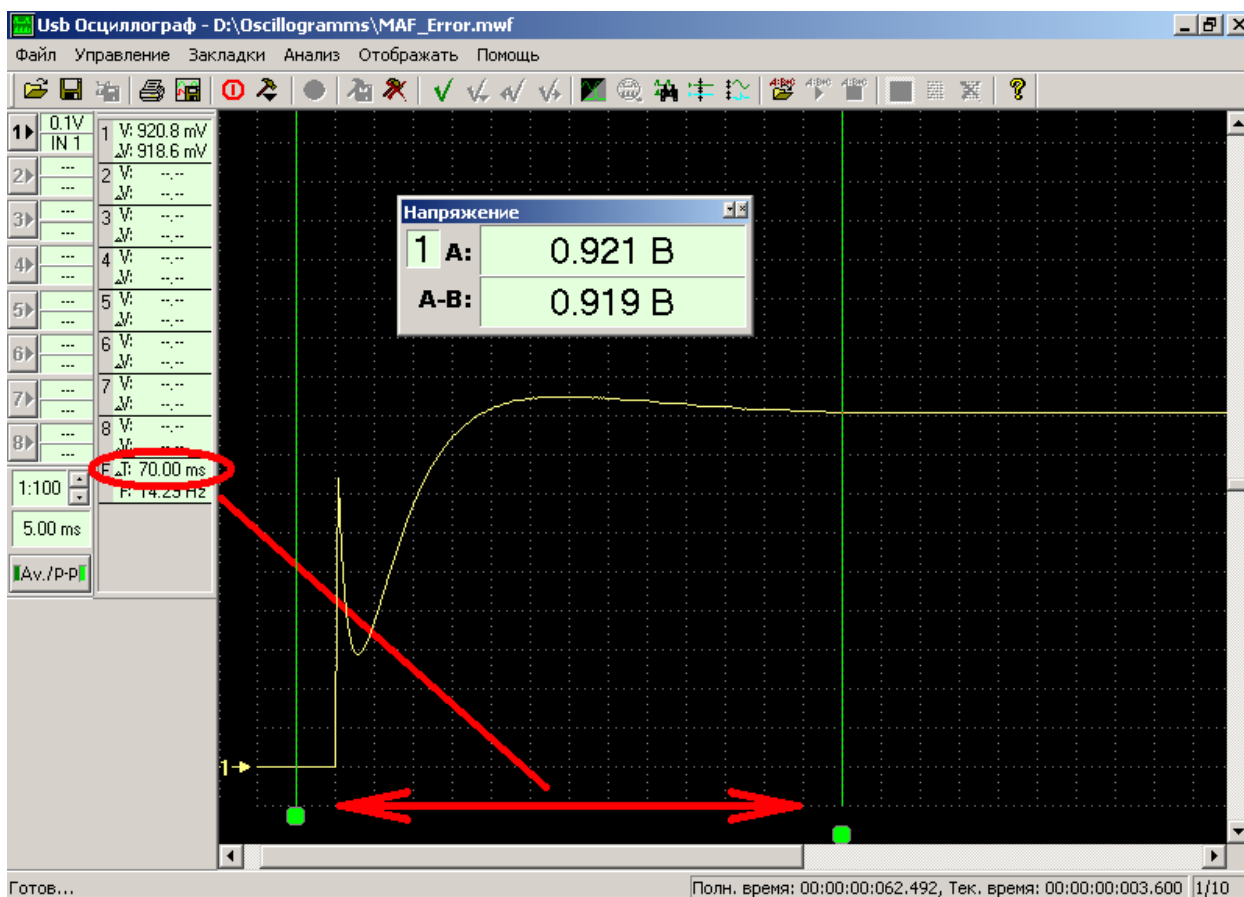


Осциллограмма выходного напряжения исправного датчика массового расхода воздуха BOSCH HFM5 при подаче питающих напряжений.

- A:** значение напряжения в момент времени указанный маркером. В данном случае соответствует напряжению выходного сигнала ДМРВ при нулевом расходе воздуха (двигатель остановлен) и равно 0,99 V;
- ΔT** значение интервала времени между двумя маркерами. В данном случае соответствует времени переходного процесса выходного сигнала при подаче питания на датчик и равно ~0,5 mS.

Время переходного процесса выходного сигнала исправного датчика не превышает единиц миллисекунд (mS).

Загрязнения, отложившиеся на чувствительном элементе датчика, разогреваются вместе с ним. Если количество отложившихся загрязнений значительно, время разогрева его чувствительного элемента до рабочей температуры увеличивается, соответственно, увеличивается и продолжительность переходного процесса.



Осциллограмма выходного напряжения неисправного датчика массового расхода воздуха BOSCH HFM5 при подаче питающих напряжений.

- A:** значение напряжения в момент времени указанный маркером. В данном случае соответствует напряжению выходного сигнала ДМРВ при нулевом расходе воздуха (двигатель остановлен) и равно 0,92V;
- ΔT** значение интервала времени между двумя маркерами. В данном случае соответствует времени переходного процесса выходного сигнала при подаче питания на датчик и равно ~70mS.

Время переходного процесса выходного сигнала датчика с загрязнённым измерительным элементом может достигать десятков, а иногда и сотен миллисекунд.

Измерение выходного напряжения при нулевом потоке воздуха.

Измерение значения напряжения выходного сигнала датчика при нулевом расходе воздуха проводится при остановленном двигателе и включенном зажигании. Для датчика массового расхода воздуха BOSCH HFM5 нулевому расходу воздуха соответствует значение выходного напряжения равное $1V \pm 0,02 V$.

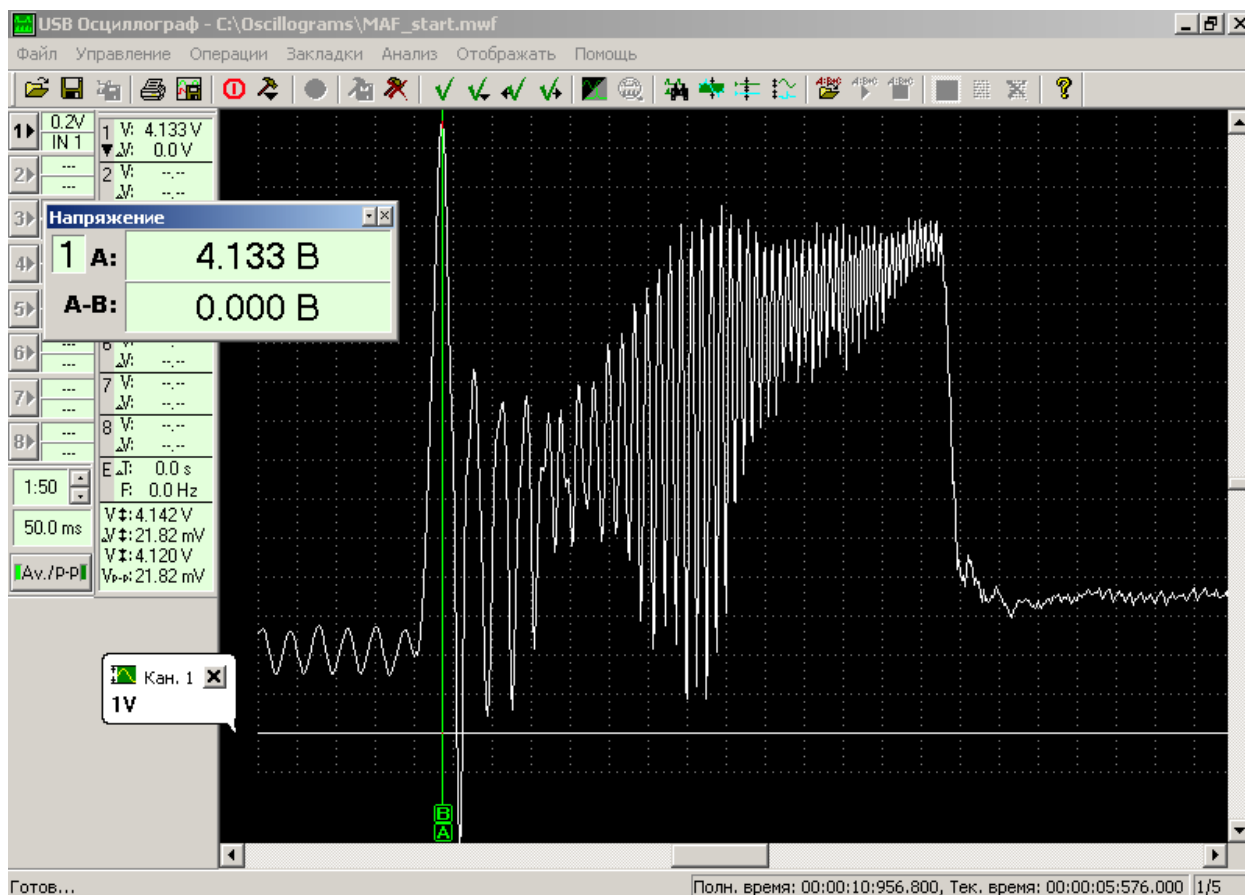
Измерение выходного напряжения при резкой перегазовке.

Измерение максимального значения напряжения выходного сигнала датчика при резкой перегазовке проводится путём резкого открытия дроссельной заслонки на короткое время (не более одной секунды) при условии, что переключатель режима работы трансмиссии находится в положении "Neutral" и двигатель прогрет до рабочей температуры.

Внимание.

Методика измерения максимального значения напряжения выходного сигнала датчика расхода воздуха при резкой перегазовке применима только в том случае, если педаль акселератора диагностируемого двигателя соединена с дроссельной заслонкой механически (при помощи троса / рычагов) и только для атмосферных двигателей (диагностируемый двигатель не оснащён турбиной / компрессором).

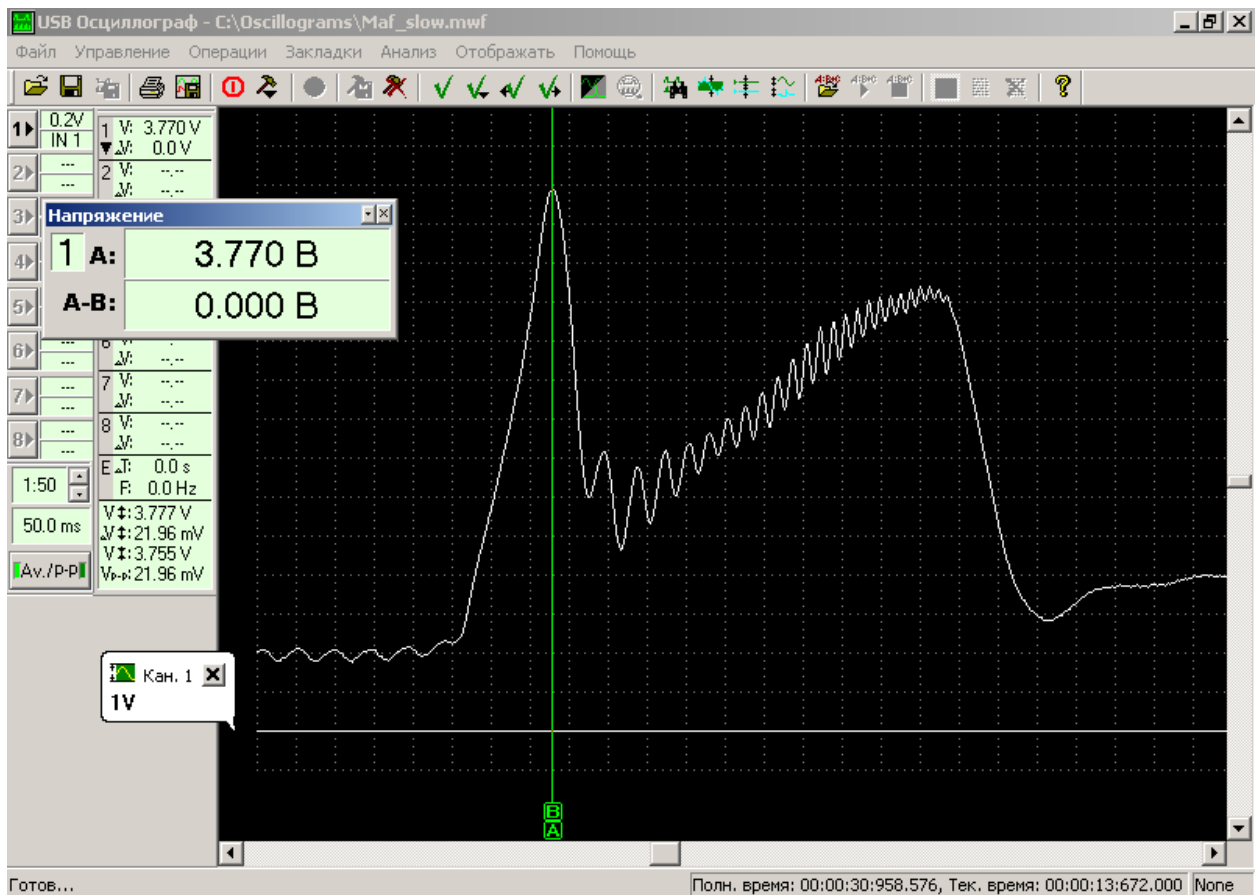
В момент резкой перегазовки происходит следующее. При работе двигателя на оборотах холостого хода без нагрузки, заполняющий впускной коллектор воздух, сильно разрежён, так как приток воздуха во впускной коллектор ограничен дроссельной заслонкой и клапаном холостого хода. Абсолютное давление во впускном коллекторе при этом ниже атмосферного на $0,6...0,7 \text{ Bar}$. Масса заполняющего коллектор разрежённого воздуха незначительна. При резком открытии дроссельной заслонки, воздух резко устремляется через открытую дроссельную заслонку во впускной коллектор и быстро заполняет объём коллектора до тех пор, пока абсолютное давление в нём не достигнет значения близкого к атмосферному. Этот процесс происходит очень быстро, вследствие чего поток воздуха через датчик расхода воздуха достигает значений близких к максимальным. После того как абсолютное давление во впускном коллекторе достигнет близкого к атмосферному, величина потока протекающего через датчик воздуха становится пропорциональной частоте вращения коленчатого вала двигателя.



Осциллограмма напряжения выходного сигнала исправного BOSCH HFM5 при резкой перегазовке.

Напряжения выходного сигнала исправного датчика массового расхода воздуха BOSCH HFM5 сразу после резкого открытия дроссельной заслонки должно кратковременно возрасти до значения не менее 4,0V.

В случае значительного загрязнения чувствительного элемента датчика, скорость реакции датчика снижается, и форма осциллограммы напряжения выходного сигнала датчика становится несколько "сглаженной". Отложившиеся на чувствительном элементе датчика загрязнения образуют теплоизолятор, снижающий интенсивность охлаждения чувствительного элемента датчика, что приводит к уменьшению тока подогрева и выходного сигнала датчика (соответственно, уменьшается и количество подаваемого в цилиндры топлива).



Осциллограмма напряжения выходного сигнала неисправного датчика массового расхода воздуха BOSCH HFM5 при резкой перегазовке.

Вследствие снижения скорости реакции, способность датчика регистрировать быстрые изменения величины и направления потока воздуха ухудшается. Как следствие, после резкого открытия дроссельной заслонки, напряжение выходного сигнала такого датчика уже "не успевает" достичь значения 4,0V.

Неисправности датчика массового расхода воздуха BOSCH HFM5 устраняются только путём его замены.