

ЛЯМБДА-ЗОНД



✓ Лямбда-зонд устанавливается в потоке отработавших газов двигателя и измеряет уровень содержания кислорода в них. Анализируя осциллограмму напряжения выходного сигнала лямбда-зонда на различных режимах работы двигателя, можно оценить как исправность самого датчика, так и исправность системы управления двигателем в целом.

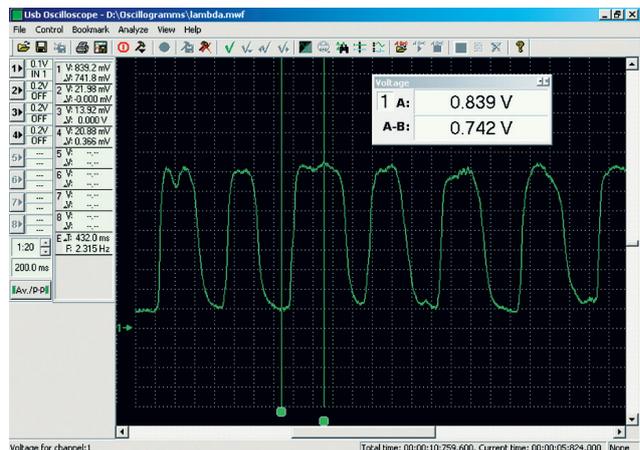
Признаком неисправности лямбда-зонда является повышенный расход топлива, ухудшение динамики автомобиля, осязаемое понижение мощности двигателя, возможна его неустойчивая работа на холостом ходу или «качание» оборотов холостого хода.

Лямбда-зонд сравнивает содержание кислорода в выхлопных газах и в окружающем воздухе и представляет результат этого сравнения в форме аналогового сигнала. Применяются двухуровневые зонды, чувствительный элемент которых выполнен из оксида циркония либо из оксида титана, но сейчас им на смену приходят широкополосные лямбда-зонды.

Лямбда-зонд на основе оксида циркония

Лямбда-зонд на основе оксида циркония генерирует выходной сигнал напряжением от 40–100 мВ до 0.7–1.0 В. Размах напряжения выходного сигнала исправного лямбда-зонда достигает 950 мВ.

При пониженном содержании кислорода в отработавших газах, вызванном работой двигателя на обогащённой топливоздушной смеси, датчик генерирует сигнал высокого уровня напряжением 0.65–1 В. При повышенном содержании кислорода (обеднённая топливная смесь) датчик генерирует сигнал низкого уровня напряжением 40–50 мВ.



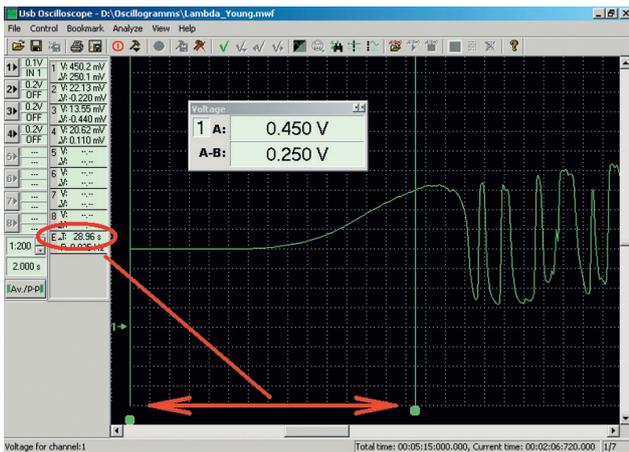
Осциллограмма выходного напряжения лямбда-зонда BOSCH (на основе оксида циркония).

A – значение напряжения в момент времени указанный маркером. В данном случае соответствует максимальному напряжению выходного сигнала лямбда-зонда и равно 840 мВ;

A-B – значение разности напряжений между двумя указанными маркерами моментами времени. В данном случае соответствует размаху выходного напряжения сигнала зонда и составляет 740 мВ.

Исправный лямбда-зонд начинает работать только после прогрева чувствительного элемента до температуры выше 350°C, когда его выходное электрическое сопротивление

значительно снижается, и он приобретает способность отклонять опорное напряжение, поступающее от блока управления двигателем через резистор с постоянным электрическим сопротивлением. В блоках управления двигателем большинства производителей опорное напряжение равно 450 mV. Такой блок управления двигателем считает лямбда-зонд готовым к работе только после того как вследствие прогрева, датчик приобретает способность отклонять опорное напряжение в диапазоне более чем $\pm 150 - 250$ mV.



Осциллограмма выходного напряжения лямбда-зонда BOSCH (на основе оксида циркония). Пуск прогрева до рабочей температуры двигателя.

▲T – значение интервала времени между двумя маркерами. В данном случае соответствует времени прогрева лямбда-зонда и равно 30 с;

A – значение напряжения в момент времени указанный маркером. В данном случае соответствует опорному напряжению, поступающему от блока управления двигателем и равно 450 mV;

A-B – значение разности напряжений между двумя указанными маркерами моментами времени. В данном случае соответствует отклонению опорного напряжения, поступающего от блока управления двигателем на величину, по достижении которой лямбда-зонд считается прогретым и готовым к работе и равно 250 mV.

Опорное напряжение на сигнальном проводе лямбда-зонда в блоках управления двигателем может иметь и другие значения. Например, для блоков управления производства Ford оно равно 0 V, а для блоков управления двигателем производства Daimler Chrysler – 5 V.

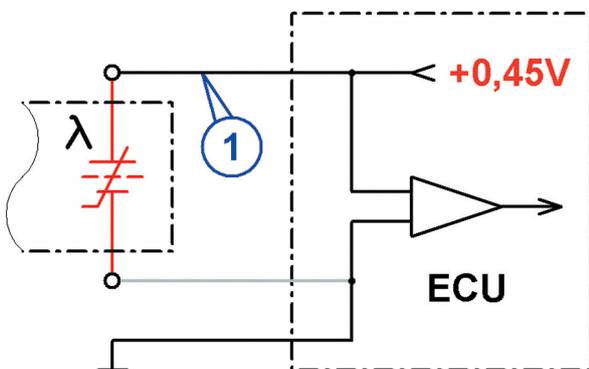


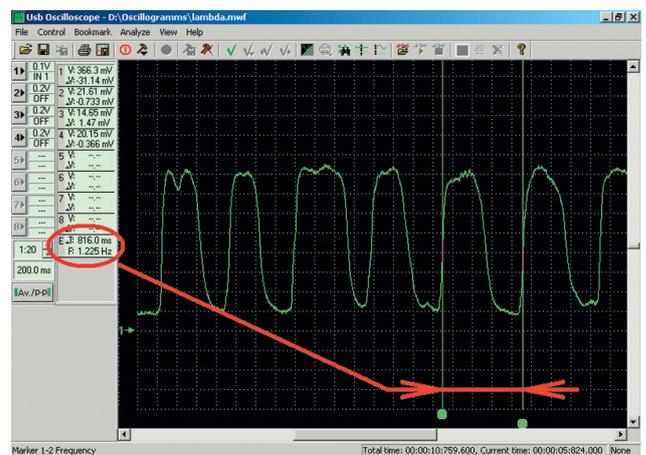
Схема подключения лямбда-зонда BOSCH (на основе оксида циркония).

1 – точка подключения щупа осциллографа для получения осциллограммы выходного сигнала датчика.

Измерение напряжения выходного сигнала лямбда-зонда блок управления двигателем производит относительно сигнальной «массы» датчика. Сигнальная «масса» лямбда-зонда в зависимости от его конструкции может быть выведена через отдельный провод на разъём датчика, а может быть соединена с корпусом датчика при его установке, в таком случае, она автоматически соединяется с «массой» автомобиля через резьбовое соединение. Сигнальная «масса» лямбда-зонда выведенная через отдельный провод на разъём датчика, в большинстве случаев соединена с «массой» автомобиля.

Но встречаются блоки управления двигателем, где провод сигнальной «массы» лямбда-зонда подключен не к массе автомобиля, а к источнику опорного напряжения. В таких системах измерение напряжения выходного сигнала лямбда-зонда блок управления двигателем производит относительно источника опорного напряжения, к которому подключен провод сигнальной «массы» лямбда-зонда.

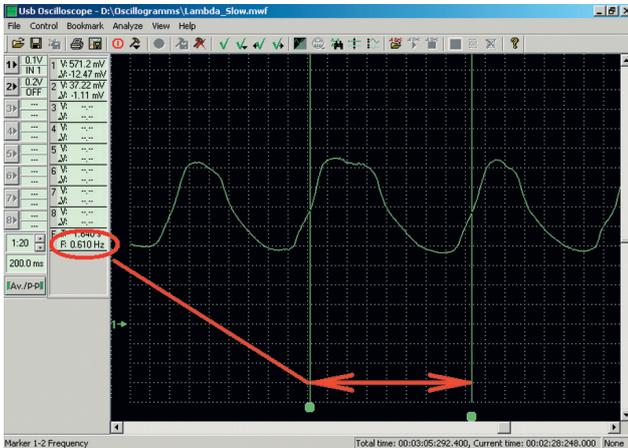
Блок управления на прогретом двигателе оценивает по выходному напряжению прогретого до рабочей температуры лямбда-зонда отклонение состава топливовоздушной смеси от стехиометрического (идеальное соотношение воздух/топливо). В случае сгорания стехиометрической топливовоздушной смеси, напряжение выходного сигнала лямбда-зонда будет равно 445–450 mV. Но расстояние от выпускных клапанов газораспределительного механизма до места расположения датчика и значительное время реакции чувствительного элемента датчика приводят к некоторой инерционности системы, что не позволяет непрерывно поддерживать стехиометрический состав топливовоздушной смеси. Практически, при работе двигателя на установившемся режиме, состав смеси постоянно отклоняется от стехиометрического в диапазоне $\pm 2-3\%$ с частотой 1–2 раза в секунду. Этот процесс чётко прослеживается по осциллограмме выходного напряжения сигнала лямбда-зонда.



Осциллограмма выходного напряжения лямбда-зонда BOSCH (на основе оксида циркония).

F – значение частоты, полученное путём пересчёта интервала времени между двумя маркерами (**1/▲T**). В данном случае соответствует частоте переключения выходного сигнала лямбда-зонда и составляет 1,2 Hz.

Низкая частота переключения выходного сигнала лямбда-зонда указывает на увеличенный диапазон отклонения состава топливовоздушной смеси от стехиометрического.

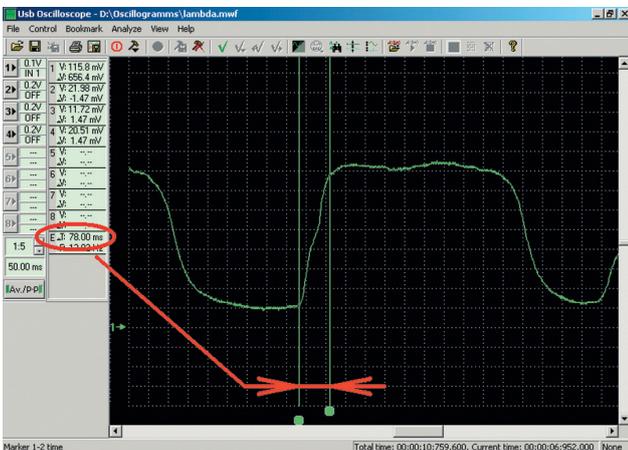


Осциллограмма выходного напряжения лямбда-зонда BOSCH (на основе оксида циркония).

F – значение частоты, полученное путём пересчёта интервала времени между двумя маркерами ($1/\Delta T$). В данном случае соответствует частоте переключения выходного сигнала лямбда-зонда и составляет 0,6 Hz.

Такая неисправность может быть вызвана возросшим временем перехода выходного напряжения зонда от одного уровня к другому из-за старения или отравления датчика.

Время перехода выходного напряжения зонда от одного уровня к другому не должно превышать 120 ms.



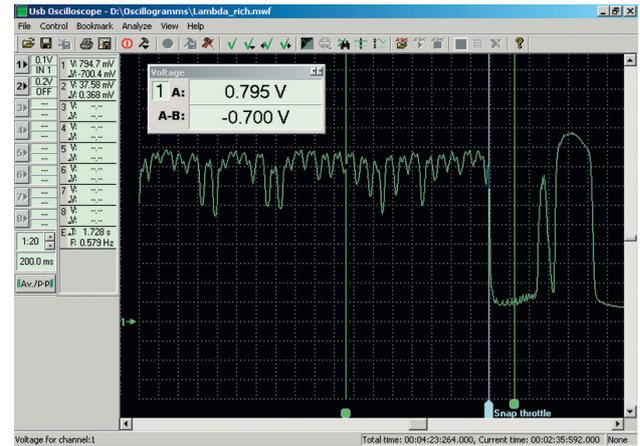
Осциллограмма выходного напряжения лямбда-зонда BOSCH (на основе оксида циркония).

ΔT – значение интервала времени между двумя маркерами. В данном случае соответствует времени перехода выходного напряжения зонда от низкого уровня к высокому и составляет 78 ms.

Причиной значительного увеличения времени перехода выходного напряжения зонда от одного уровня к другому может стать отравление либо старение датчика. Отравление датчика может быть вызвано применением содержащих свинец и некоторые другие элементы присадок к топливу или маслу, либо применением при ремонте двигателя некоторых видов герметиков. Старение датчика происходит вследствие его работы в агрессивной среде при высоких значениях температуры.

Анализируя осциллограмму напряжения выходного сигнала лямбда-зонда на различных режимах работы двигателя, можно выявить неисправности как самого датчика, так и системы управления двигателем в целом.

Ниже приведена осциллограмма выходного сигнала исправного лямбда-зонда неисправной системы управления двигателем. Двигатель прогрет до рабочей температуры и работает на холостых оборотах без нагрузки более двух минут. Закладка Snap throttle установлена в точке осциллограммы соответствующей моменту резкого открытия дроссельной заслонки.



Осциллограмма выходного напряжения лямбда-зонда BOSCH (на основе оксида циркония).

A – значение напряжения в момент времени, указанный маркером. В данном случае соответствует среднему напряжению выходного сигнала лямбда-зонда и составляет 800 mV;

$A-B$ – значение разности напряжений между двумя указанными маркерами моментами времени. В данном случае соответствует размаху выходного напряжения сигнала зонда при резком изменении режима работы двигателя и составляет 700 mV;

Snap throttle – закладка, отмечающая момент резкого открытия дроссельной заслонки.

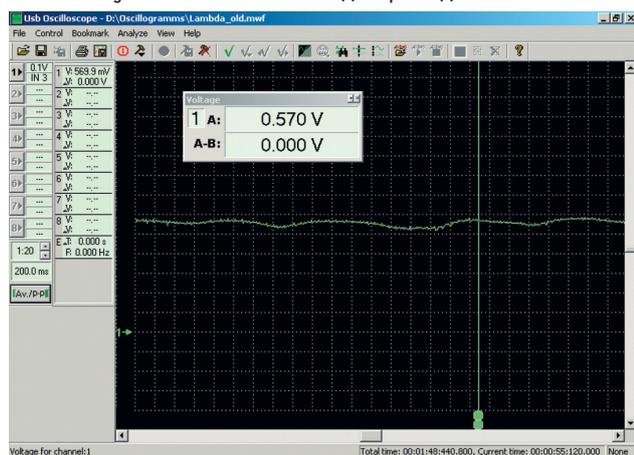
По приведенной осциллограмме видно, что во время работы двигателя на холостом ходу, зонд генерировал сигнал со средним напряжением равным 700 mV и размахом ± 150 mV. После резкого открытия дроссельной заслонки (момент времени отмечен закладкой Snap throttle) выходное напряжение резко снизилось на 700 mV.

Размах напряжения выходного сигнала лямбда-зонда вследствие реакции на изменения уровня содержания кислорода в отработавших газах и малое время перехода выходного напряжения датчика от одного уровня к другому указывают на исправность датчика и его готовность к работе.

Итак, двигатель прогрет до рабочей температуры и работает на холостых оборотах без нагрузки более двух минут, лямбда-зонд до рабочей температуры прогрет и генерирует сигнал, указывающий блоку управления на переобогащённую топливовоздушную смесь, но блок управления на это адекватно не реагирует, вследствие чего смесь по-прежнему остаётся переобогащённой. Кроме того, видно, что топливовоздушная смесь становится обеднённой сразу после резкого открытия дроссельной заслонки. Резкая перегазовка является одним из режимов, когда состав топливовоздушной смеси должен быть обогащённым.

Всё вышесказанное указывает на неисправность системы управления двигателем, а не самого лямбда-зонда. Неисправность может быть вызвана обрывом цепи сигнального провода зонда, неисправностью одного или нескольких датчиков системы управления двигателем, блока управления двигателем или электропроводки.

Ресурс датчика содержания кислорода в отработавших газах составляет 20 000 – 80 000 км. Из-за старения выходное электрическое сопротивление лямбда-зонда снижается при значительно более высокой температуре чувствительного элемента до значения, при котором датчик приобретает способность отклонять опорное напряжение. Из-за возросшего выходного электрического сопротивления размах выходного напряжения сигнала лямбда-зонда уменьшается. Стареющий лямбда-зонд легко можно выявить по осциллограмме напряжения его выходного сигнала на таких режимах работы двигателя, когда поток и температура отработавших газов снижаются. Это режим холостого хода и малых нагрузок. Практически стареющий лямбда-зонд практически всё ещё работает на движущемся автомобиле, но как только нагрузка на двигатель снижается (холостой ход), размах сигнала быстро начинает уменьшаться вплоть до пропадания колебаний.



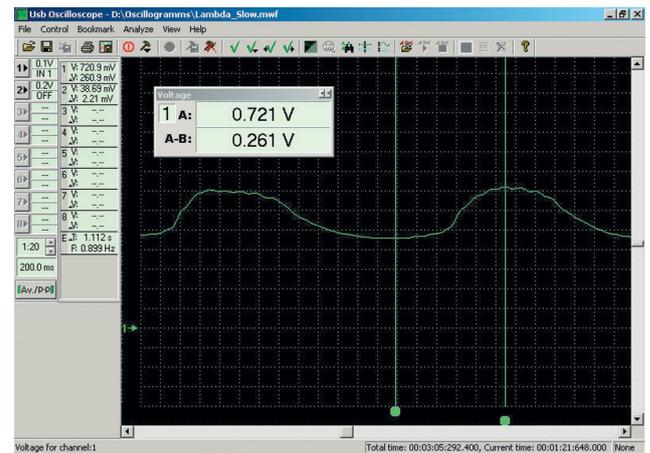
Осциллограмма выходного напряжения лямбда-зонда BOSCH (на основе оксида циркония).

A – значение напряжения в момент времени указанный маркером. В данном случае соответствует среднему значению напряжения выходного сигнала лямбда-зонда, и равно 550 mV.

Напряжение выходного сигнала становится почти стабильным, его значение становится близким опорному напряжению 300–600 mV.

В случае значительного повышения температуры чувствительного элемента выходное электрическое сопротивление лямбда-зонда несколько снижается, и его способность отклонять опорное напряжение возрастает.

Этой особенностью датчика диагност может воспользоваться, повысив температуру и скорость потока отработавших газов путём увеличения либо нагрузки, либо оборотов двигателя, разогревая таким образом чувствительный элемент зонда до более высокой температуры. Если в таком режиме работы двигателя осциллограмма выходного сигнала приобретает привычный вид, это ука-



Осциллограмма выходного напряжения лямбда-зонда BOSCH (на основе оксида циркония).

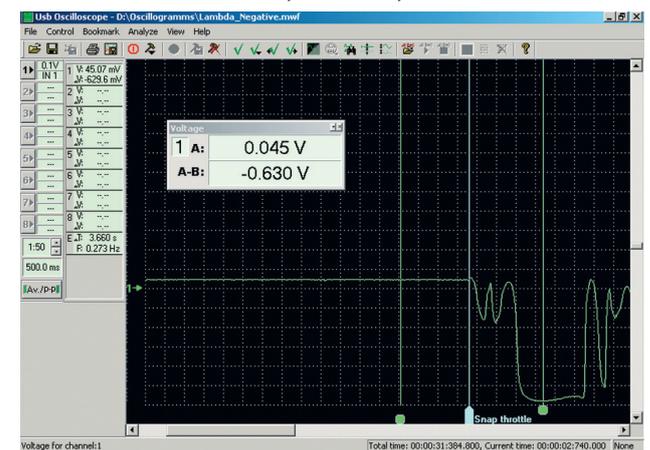
A – значение напряжения в момент времени указанный маркером. В данном случае соответствует максимальному напряжению выходного сигнала лямбда-зонда и равно 720 mV;

A-B – значение разности напряжений между двумя указанными маркерами моментами времени. В данном случае соответствует размаху выходного напряжения сигнала зонда и равно 260 mV.

зывает на то, что лямбда-зонд всё ещё способен обеспечить близкий к заданому состав рабочей смеси во время движения автомобиля. При этом владелец автомобиля зачастую не отмечает возросшего расхода топлива, снижения мощности и приёмности двигателя, но его работа на холостом ходу может быть неустойчивой, может появляться "качание" оборотов холостого хода.

Иногда встречается неисправность лямбда-зонда, вызывающая появление выбросов напряжения отрицательной полярности.

В случае появления такой неисправности, расход топлива очень сильно возрастает, приёмность двигателя



Осциллограмма выходного напряжения лямбда-зонда BOSCH (на основе оксида циркония).

A – значение напряжения в момент времени указанный маркером. В данном случае соответствует напряжению выходного сигнала лямбда-зонда во время работы двигателя на холостом ходу и составляет 45 mV;

A-B – значение разности напряжений между двумя указанными маркерами моментами времени. В данном случае соответствует размаху выходного напряжения сигнала зонда при резком изменении режима работы двигателя и составляет 650 mV.

Snap throttle – закладка, отмечающая момент резкого открытия дроссельной заслонки.

значительно снижается, при резких перегазовках наблюдаются выбросы сажи из выхлопной трубы, рабочая поверхность изоляторов свечей зажигания покрывается сажей.

Неисправность возникает вследствие внутренней, а иногда и внешней разгерметизации лямбда-зонда. Чувствительный элемент зонда сравнивает уровень содержания кислорода в отработавших газах и в атмосферном воздухе. В случае возникновения значительной разности уровней содержания кислорода в камере с атмосферным воздухом и в отработавших газах, датчик генерирует напряжение 1 В. Полярность этого напряжения зависит от того, в какой из камер снизился уровень содержания кислорода.

В исправной системе уровень содержания кислорода изменяется только со стороны отработавших газов и только в сторону уменьшения. Уровень содержания кислорода в камере с атмосферным воздухом при этом оказывается значительно выше уровня содержания кислорода в выхлопных газах, вследствие чего зонд генерирует напряжение 1 В положительной полярности.

В случае разгерметизации лямбда-зонда, в камеру с атмосферным воздухом проникают отработавшие газы с низким содержанием кислорода. На режиме торможения двигателем (закрытая дроссельная заслонка при вращении двигателя с высокой частотой, подача топлива при этом отключена), в выхлопную систему двигателем выбрасывается почти чистый атмосферный воздух. В таком случае уровень содержания кислорода в выхлопной системе резко возрастает и его уровень в атмосферной камере зонда оказывается значительно ниже уровня содержания кислорода в отработавших газах, вследствие чего зонд генерирует напряжение 1 В отрицательной полярности.

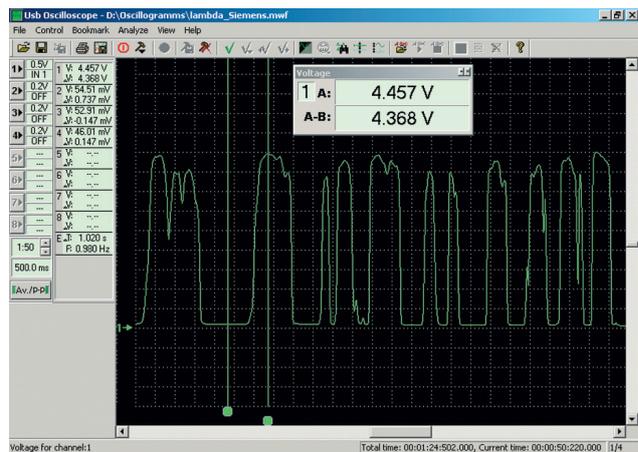
Блок управления двигателем в этом случае считает лямбда-зонд исправным, так как вскоре после пуска двигателя и прогрева датчик отклонил опорное напряжение и снизил его до 0 В. Выходное напряжение зонда напряжением 0 В свидетельствует о близком уровне содержания кислорода в отработавших газах и в разгерметизированной атмосферной камере зонда.

На блок управления двигателем поступает сигнал зонда низкого уровня, что является для него свидетельством обеднённой топливовоздушной смеси. Вследствие этого блок управления двигателем обогащает топливовоздушную смесь. Таким образом, разгерметизация лямбда-зонда приводит к значительному обогащению топливовоздушной смеси. При этом многие системы самодиагностики выявить данную неисправность зонда не способны.

Лямбда-зонд на основе оксида титана

Напряжение выходного сигнала лямбда-зонда на основе оксида титана колеблется в диапазоне от 10–100 мВ до 4–5 В.

На изменение состава выхлопных газов такой зонд реагирует изменением своего электрического сопротивления. Сопротивление датчика высокое при низком со-



Оциллограмма выходного напряжения лямбда-зонда SIEMENS (на основе оксида титана).

A – значение напряжения в момент времени указанный маркером. В данном случае соответствует максимальному напряжению выходного сигнала лямбда-зонда и равно 4,5 В;

A-B – значение разности напряжений между двумя указанными маркерами моментами времени. В данном случае соответствует размаху выходного напряжения сигнала зонда и равно 0,089 В.

держании кислорода в отработавших газах (богатая смесь) и резко снижается при обеднении топливовоздушной смеси. За счёт этого датчик шунтирует поступающее от блока управления двигателем через резистор с постоянным электрическим сопротивлением опорное напряжение 5 В. Выходной сигнал лямбда-зонда на основе оксида титана значительно быстрее реагирует на изменения уровня содержания кислорода в отработавших газах по сравнению со скоростью реакции датчика на основе оксида циркония.

Широкополосный лямбда-зонд

Выходной сигнал широкополосного лямбда-зонда в отличие от двухуровневых зондов несёт сведения не только о направлении отклонения состава рабочей смеси от стехиометрического, но и о его численном значении. Анализируя уровень выходного сигнала широкополосного лямбда-зонда, блок управления двигателем рассчитывает численное значение коэффициента отклонения состава рабочей смеси от стехиометрического состава, что, по сути, является коэффициентом λ (лямбда).

Выходное напряжение чувствительного элемента зонда изменяется в зависимости от уровня содержания кислорода в отработавших газах и от величины и полярности электрического тока, протекающего по кислородному насосу зонда. Блок управления двигателем генерирует и подаёт на кислородный насос зонда электрический ток, величина и полярность которого обеспечивает поддержание выходного напряжения чувствительного элемента зонда на заданном уровне. В электрическую цепь кислородного насоса включен измерительный резистор, падение напряжения на котором и является мерой уровня содержания кислорода в отработавших газах.